

# **ВІДОМЧИЙ НОРМАТИВНИЙ ДОКУМЕНТ**

## **МЕТОДИКА**

**З ПРОЕКТУВАННЯ БЕРЕГОУКРІПЛЕННЯ ЛОКАЛЬНИМИ ПРИМИВАМИ  
З ПІЩАНИХ ҐРУНТІВ НА ВОДОСХОВИЩАХ, ЯКІ ТРИВАЛИЙ ПЕРІОД  
ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ З КОЛИВАННЯМ РІВНЯ ДО 2 М**

ВНД 33-2.3-06-2003

Видання офіційне

Державний комітет України по водному господарству

**Київ – 2003 р.**

## ДО КОРИСТУВАЧІВ МЕТОДИКОЮ.

В переліку проблем, що виникли в зв'язку із створенням і експлуатацією водосховищ дніпровського каскаду особливе місце займає абразія і ерозія берегів. Через їх руйнацію під водою щорічно зникають сотні гектарів родючих земель.

Загальна довжина берегів дніпровських водосховищ становить 3079 км, з яких 982,4 км це абразійні та ерозійні береги, які є перспективними для будівництва берегоукріплень локальними примивами.

В Українському науково-дослідному інституті водогосподарсько-екологічних проблем накопичений багаторічний досвід щодо наукового обґрунтування локальних примивів з місцевих піщаних ґрунтів, які знайшли застосування при берегоукріпленні дніпровських водосховищ.

Ці наукові розробки і практичний досвід покладені в основу пропонованої „Методики з проектування берегоукріплення локальними примивами з піщаних ґрунтів на водосховищах, які тривалий період експлуатуються з коливаннями рівня до 2 м”

При застосуванні цих технологій окрім значної економічної ефективності буде досягнуто екологічний ефект за рахунок розчищення ложа водосховищ від наносів, а рекреаційний – внаслідок спорудження піщаних пляжів.

Яцик А.В.  
доктор технічних наук,  
професор,  
член-кореспондент УААН

## ЗМІСТ

Стор.

### ПЕРЕДМОВА

Галузь використання.....	6
Терміни та визначення.....	7
<b>1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Завдання берегоукріплювальних споруд.....	8
1.2. Умови функціонування споруд.....	8
1.3. Галузі застосування.....	9
1.4. Вимоги до берегоукріплювальних споруд.....	10
1.5. Вихідні дані до проектування.....	11
<b>2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ ТА УМОВ РОЗВИТКУ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ ВОДОСХОВИЩ.....</b>	<b>13</b>
2.1. Місце розташування, інженерно-геологічні умови.....	13
2.2. Рівневий режим.....	14
2.3. Вітро-хвильовий режим.....	16
2.4. Льодовий режим.....	17
2.5. Антропогенні фактори перетворення берегової зони.....	17
<b>3. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИМИВУ.....</b>	<b>19</b>
3.1. Визначення розрахункових рівнів води.....	19
3.2. Визначення розрахункових характеристик вітру.....	20
3.3. Визначення розрахункових параметрів вітрових хвиль.....	23
3.4. Визначення величини крупності піску для спорудження примиву.....	25
<b>4. РОЗРАХУНОК БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД (ПРОФІЛЮ ПРИМИВУ).....</b>	<b>25</b>
4.1. Визначення величини основних розрахункових параметрів профілю примиву.....	25

4.2. Розрахунок балансу вздовжберегових потоків наносів.....	32
<b>5. ТЕНДЕНЦІЇ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ БЕРЕГІВ ПІД ЧАС СПОРУДЖЕННЯ ПРИМИВУ.....</b>	<b>35</b>
5.1. Прогноз переформування берегів.....	35
5.2. Прогноз переформування примиву.....	36
5.3. Вибір місце розташування, розрахунки та обґрунтування схем берегоукріплення та об'ємів примивів.....	38
5.4. Прогноз переформування берегів у районі берегоукріплення у разі спорудження примиву.....	42
<b>6. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОНАМИВУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИМИВУ .....</b>	<b>43</b>
<b>7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД.....</b>	<b>45</b>
<b>ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА.....</b>	<b>49</b>
<b>ДОДАТОК: Приклад розрахунку.....</b>	<b>52</b>

## **ПЕРЕДМОВА**

### **Розроблено**

Українським науково-дослідним інститутом водогосподарсько-екологічних проблем (УНДІВЕП).

У складанні відомчого нормативного документа (ВНД) брали участь: к.т.н., с.н.с. Томільцева А.І. – керівник роботи, к.т.н., с.н.с. В.Л. Максимчук, к.е.н. М.Г. Томільцев, н.с. Д.М. Гожик, н.с. Н.М. Сташук, І.М. Томільцев, пров. інж. Б.Б. Бабайлов, С.А. Дубняк (Дніпровське БУВР Держводгоспу України).

### **Внесено**

Управлінням науково-технічного прогресу Держводгоспу України.

### **Затверджено**

Наказом Держводгоспу України від 11.07.2003 р. № 182 та введено в дію з 11.07.2003 р.

Введено вперше

Цей ВНД не може бути повністю чи частково відтворено, тиражовано або розповсюджено без дозволу Держводгоспу України.

Державний комітет України по водному господарству	Відомчий нормативний документ	ВНД 33-2.3-06-2003
	Методика з проектування берегоукріплення локальними примивами з піщаних ґрунтів на водосховищах, які тривалий період експлуатуються з коливанням рівня до 2 м	Введено вперше

### Галузь використання

У цьому ВНД викладено основні положення з проектування нового типу берегоукріплення (локальних піщаних примивів) з використанням місцевих ґрунтів на великих рівнинних водосховищах, які тривалий період експлуатуються, котрі не розглянуто у чинних нормативних документах. Розглянуто завдання, умови функціонування, галузі застосування, вимоги та вихідні дані з проектування, аналіз основних факторів та умов розвитку берегової зони, визначення розрахункових параметрів рівневого та вітро-хвильового режимів, виконано розрахунок профілю примиву, визначено тенденції формування динамічних систем берегів у разі спорудження примивів, виконано розрахунок економічної ефективності запропонованих варіантів берегоукріплення.

ВНД складено на основі результатів теоретичних, лабораторних та натурних досліджень, проведених у нашій державі, в ньому узагальнено методичні розробки, виконані в УНДІВЕП з розрахунку споруд подібного типу, використано відомі літературні джерела та чинні нормативні документи.

У цьому ВНД наведено розроблений в УНДІВЕП інженерний метод розрахунку берегоукріплювальних споруд з піщаних ґрунтів на водосховищах, які тривалий період експлуатуються, з амплітудою коливання рівнів до 2 м. Зазначений інженерний метод впроваджено у практику проектування, будівництва та експлуатації берегоукріплень на багатьох ділянках дніпровських водосховищ. Побудовані споруди успішно і безаварійно експлуатуються протягом більше 10 років.

ВНД доповнює та уточнює відомі розробки та містить матеріали для здійснення розрахунків (додаток). ВНД призначено для використання проектними організаціями та установами, що здійснюють проектування та експлуатацію водосховищ та берегоукріплювальних споруд на них, а також для організацій, що здійснюють контроль за станом водних об'єктів та споруд.

Внесено Управлінням науково-технічного прогресу	Затверджено наказом Держводгоспу України від 11.07.2003 р. № 182	Строк введення в дію з 11.07.2003 р.
---	--	--------------------------------------

## ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

**Хвиленебезпечний вітер** – вітер з найбільшою швидкістю на висоті 10 м над рівнем води.

**Штормовий вітер** – вітер, що має швидкість 15 м/с.

**Діючі напрямки вітру** – всі напрямки вітрів, дію яких зазнає ділянка берегоукріплення.

**Джерела твердого стоку** – всі види надходження твердого стоку в прибережну зону під час волнової абразії берегу та ерозійних виносах з місцевих водотоків, ярів, балок, улоговин стоку, доріг (у виїмці, насипу).

**Примив** – піщаний пляж, прилеглий до берегу водойми або водотоку.

**Тривалий період** – період, достатній для утворення прибережної відмілини, що стане основою для примиву.

## **1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

### **1.1. Завдання берегоукріплювальних споруд**

#### **1.1.1. Завдання берегоукріплювальних споруд:**

забезпечення зберігання земельних угідь, будівель, споруд, цінних ландшафтів, пам'яток культури, архітектури, родовищ корисних копалин тощо;

підтримка нормативних умов під час комплексного використання водно-земельних та інших ресурсів водосховищ та прилеглих до них територій.

1.1.2. Берегоукріплювальні споруди входять до складу інженерної підготовки території чи самостійно забезпечують захист прилеглих територій, розташованих на них об'єктів та охорони навколишнього природного середовища.

1.1.3. Берегоукріплювальні споруди є одним з основних елементів в інженерному та біотехнічному упорядкуванні.

1.1.4. Проектування берегоукріплення здійснюється з урахуванням природно-технічних, соціальних, еколого-економічних факторів, акваторіального районування, планування, упорядкування берегів та акваторії водосховищ та перспективи їх комплексного використання.

### **1.2. Умови функціонування рекомендованих споруд**

1.2.1. Природно-технічними умовами функціонування берегоукріплення з місцевих ґрунтів (примивів) є:

умови хвильоутворення з розрахунковими параметрами хвиль:

висоти хвилі забезпеченості 1 % у системі  $h_{1\%} \leq 3,0$  м, довжина хвилі  $\lambda = 10-12$ ;

амплітуда коливання рівня 2,0 – 6,0 м (у даному випадку розглянемо до 2 м) :

планове окреслення захисної ділянки;

геоморфологічні, інженерно-геологічні, гідрологічні, літоморфодинамічні характеристики берегу та прибережної відмілини;



навантаження та вплив – постійні та тимчасові: тривалі, короткотермінові та особливі [26,29].

1.2.2. Постійні навантаження впливу містять: власну вагу споруд, зважуюче навантаження під час дії ґрунтових вод, навантаження під час сезонних та експлуатаційних коливань рівня води у водосховищі [28].

1.2.3. Тимчасові тривалі навантаження виникають під дією тиску відкладених наносів [28].

1.2.4. Короткотермінові навантаження виникають під час штормових впливів на ґрунтові схили та зважуючих навантаженнях під час штормів, вітро-хвильових впливів, у тому числі під час накату хвиль, згінно-нагінних денівеляцій, льодових навантажень.

1.2.5. До складу особливих навантажень може бути віднесено сейсмічні впливи та нерівномірне осідання основи споруди.

1.2.6. Пісок для наміву у продуктивній товщі кар'єру повинен мати достатній відсоток крупних фракцій для зменшення витрат ґрунту під час його транспортування від відмивання дрібних фракцій.

1.2.7. Збільшенню тривалості безремонтного функціонування берегозахисної споруди сприяє наявність природних постійних джерел живлення наносами: піщаних мисів, що розмиваються, виносів річок, ярів, балок, а також штучні надходження ґрунту під час днопоглиблювальних робіт.

### **1.3. Галузі застосування.**

1.3.1. Застосування піщаних примивів можливе з урахуванням продуктивного об'єму, місця розташування кар'єру ґрунту, його крупності, наявних способів (методів) гідромеханізації, транспортування та укладки ґрунту.

1.3.2. Локальні та лінійно-протяжні вздовж берегу (у подальшому – суцільні) примиви споруджують на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням технічних та природних умов будівництва та експлуатації споруд, особ-

ливостей об'єкту берегозахисту відповідно до санітарно-гігієнічних та естетичних вимог.

#### 1.3.3. Технічні умови використання примивів:

відомості про конструкцію споруд; схема його спорудження; особливі вимоги до архітектурно-планувальних рішень в упорядкуванні берегу; терміни та способи виконання робіт; технічні можливості з домивання після закінчення терміну безремонтної експлуатації; еколого-економічне обґрунтування термінів, способів та обсягів робіт.

1.3.4. Суцільні примиви застосовують на ділянках, де відступ берегової лінії є недопустимим. Тривалість періоду стабілізації берегу залежить від місцевих умов формування потоку наносів та об'єму надходження ґрунту під час абразії берегових схилів.

1.3.5. Оптимальні схеми берегозахисту уточнюють під час розрахунку балансу наносів на ділянці берегозахисту з урахуванням максимальної ефективності роботи споруди в умовах створеної динамічної системи берегу (див. розділ 5).

### **1.4. Вимоги до берегоукріплювальних споруд**

1.4.1. Запроектовані локальні (суцільні) примиви повинні відповідати таким вимогам:

забезпечення надійного захисту берегу на заданий термін безремонтної експлуатації;

максимальне використання місцевих ґрунтів (піску);

застосування для наміву оптимальних способів видобування ґрунту у терміни, узгоджені з інспекцією рибнадзору;

розроблення ґрунту в кар'єрі повинне виконуватись з урахуванням екологічної ситуації у даний час та на перспективу.

1.4.2. Під час спорудження берегоукріплення необхідно враховувати вимоги учасників водогосподарського комплексу з недопущення витрат окремими галузями економіки.

1.4.3. Берегоукріплення не споруджують на таких берегах: з природними перешкодами; у мілководних зонах, де незначним є розвиток вітро-хвильового впливу та вздовжберегові переміщення наносів; на акумулятивних берегах.

## **1.5. Вихідні дані до проектування**

1.5.1. Під час проектування примивів необхідними є такі вихідні дані: відомості про природні умови, що визначають ефективність берегоукріплення; картографічні дані масштабу 1:1000 та 1:500 (планшети топогеодезичної зйомки, лоцманські карти й ізобати глибин);

дані прогнозу розвитку берегу на різні терміни, що перевіряються матеріалами режимних спостережень, зроблені на даній ділянці чи на об'єктах-аналогах;

характерні поперечні профілі берегового схилу та відмілини з верхньою позначкою на 3 – 5 м (при крутосхилах) вище брівки прогнозованого обвалення та з нижньою позначкою на 1 – 3 м нижче за нижню межу розмиву;

характеристика геоморфологічних та інженерно-геологічних умов з описом сучасних геологічних процесів;

дані фізико-механічних властивостей порід у межах ділянки берегоукріплення;

опис динаміки розвитку берегових процесів з районуванням берегових схилів за довжиною та висотою схилів з урахуванням експлуатаційного рівневого режиму та стадії розвитку процесу;

характеристика гідрогеологічних умов схилу з урахуванням живлення та розвантаження водоносних горизонтів та впливу на стійкість берегового схилу;

хронологічні графіки ходу рівнів води у водосховищі з урахуванням хвильової ситуації за висотою схилу;

дані про вітро-хвильовий режим на найближчій метеостанції на термін не менше 10 років, з виділенням градацій швидкостей до зафіксованого максимального значення;

дані для розрахунку елементів хвиль у прибережній зоні з урахуванням нерегулярності у режимі та у системі;

дані з кліматичного режиму; аналіз матеріалів за об'єктами-аналогами, що експлуатуються, з оцінкою їх впливу на навколишнє природне середовище та прилеглі території.

1.5.2. У результаті розрахунків визначаються вихідні дані: розрахункова швидкість вітру, елементи вітрових хвиль, характерні рівні, згінно-нагінні коливання рівнів, витрати наносів, енергія хвилювання, ширина смуги обвалення берегу, об'єми ґрунту внаслідок перероблення берегу та примивів.

1.5.3. Для розроблення схеми спорудження примиву необхідно мати дані з наявних засобів гідромеханізації, транспортування та укладення ґрунту.

## **2. АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ ТА УМОВ РОЗВИТКУ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ ВОДОСХОВИЩ**

### **2.1. Місце розташування, інженерно-геологічні умови**

2.1.1. Під час виконання характеристики місця розташування необхідно зазначити:

адміністративне, географічне місце розташування берегоукріплювальної споруди, відповідно до гідрологічного районування водосховища, геометричні параметри ділянки, позначки поверхні землі, опис сусідніх з берегоукріпленням ділянок берегу та території, що потребує захисту.

2.1.2. Характеристика інженерно-геологічних умов містить: структуру; геологолітологічну будову берегового схилу; опис порід, з яких складається береговий схил.

2.1.3. Під час виконання характеристики геоморфологічних умов берегу необхідно зазначити: геоморфологічний елемент його розташування; морфологія першопочаткового берегового схилу, генетичний тип, крутизну, коефіцієнт розчленованості та звивистості берегу, конфігурації берегової лінії за НПР (нормальному підпірному рівні) та РНС (рівні навігаційного спрацювання).

Крім вище наведених характеристик необхідно зазначити: фізико-географічні процеси та явища у межах першопочаткового берегового схилу (ведучий та супутній); стадія (етап) переформування; геодинамічний тип берегу; величину (ширину) зони обмеження нового будівництва (проектну);

2.1.4. Матеріали інженерно-геологічної зйомки повинні містити: інженерно-геологічну, літологічну та морфологічну карти в масштабі не менше 1:2000 та геологічні розрізи через кожні 200 м (за характерними ділянками).

2.1.5. Інженерно-геологічні умови оцінюються в кінцевому вигляді нормою розмиву, що є ведичиною енергії хвилювання, що витрачається на розмивання одного кубометру гірської породи. Кількісні значення визначаються натурними замірами на кожній ділянці, а у разі їх відсутності за аналогами.

## 2.2. Рівневий режим

2.1.1. У рівневому режимі водосховища, що обстежується за весь період експлуатації, виділяються періоди:

наповнення;

нормальної експлуатації;

режиму, що встановився у зв'язку з введенням в дію нових вище розташованих водосховищ;

період експлуатації у каскаді ГЕС.

2.2.2. Визначається вид регулювання:

тижневе та добове;

обмежене сезонне;

сезонне;

сезонне та обмежене багаторічне;

багаторічне.

2.2.3. Уточнюються морфометричні характеристики водосховища за НПР.

Для великих водосховищ (сезонного та багаторічного регулювання) відомості про площі та об'єми виконуються за НПР та РМО (рівень мертвого об'єму).

2.2.4. За характером рівневого режиму водосховище поділяється на дві зони – верхню – змінного підпору, нижню – малих схилів.

Уточнюється межа між ними в період весняного наповнення (коли вона зміщується вгору під час наповнення водосховища) та у період спрацювання (коли вона є найбільш чітко вираженою).

Визначається місце розташування ділянок берегоукріплення (верхня чи нижня зона водосховища) та обираються найбільш репрезентативні пункти спостережень за гідрометеорологічним режимом стаціонарної сітки Укргідрометслужби МНС України чи відомчої сітки.

2.2.5. Незалежно від водності в окремі роки, визначаються характерні періоди річного ходу рівня води.

2.2.6. У залежності від умов формування весняної повені, а також від режиму спрацювання, визначається середньобагаторічні терміни початку та кінця наповнення водосховища, його середня, максимальна та мінімальна тривалість, інтенсивність наповнення (см/доба).

2.2.7. За весь багаторічний період спостережень визначаються такі показники:

найвищий рівень у період наповнення (м БС, рік);

найвищий рівень весняної повені (м БС, рік);

підйом рівня за період наповнення – середній, максимальний, мінімальний;

значення рівнів, що формуються, та тривалість їх стояння;

річна амплітуда коливання рівня води – середня, максимальна, мінімальна;

тривалість періоду стояння відносно стабільних рівнів, близьких до НПР, – середня, максимальна, мінімальна;

тривалість періоду осіннього спрацювання;

тривалість стояння низького рівня перед початком весняного наповнення;

найнижчий рівень спрацювання (м БС, рік).

2.2.8. Визначається величина коливання рівнів води на ділянках водосховища, що досліджуються, за рахунок згінно-нагінних явищ.

2.2.9. У табличній формі наводиться повна характеристика повторюваності та забезпеченості середньодобових рівнів води водосховища за безльодовий період за роками у багаторічний термін.

## 2.3. Вітро-хвильовий режим

Вітрове хвилювання на водосховищах є головним фактором, що призводить до вздовжберегового переміщення наносів і визначається вітровим режимом та морфометричними показниками.

2.3.1. Визначається місце розташування ділянок спостережень та обираються найбільш репрезентативні пункти спостережень за вітром та вітровим хвилюванням стаціонарної сітки Укргідрометслужби МНС України чи відомчої сітки.

2.3.2. У результаті статистичного оброблення матеріалів за весь період спостережень складається таблиця повторюваності ( у %) градації швидкості вітру (м/с) за 16 румбами за безльодовий період від числа всіх спостережень.

2.3.3. З вище наведеної таблиці відбирається величина повторюваності, напрямку та швидкості всіх хвиленебезпечних вітрів у районі запроектованих споруд за безльодовий період.

2.3.4. У табличній формі наводиться характеристика штормових вітрів (бали/м/с) за весняно-літній та осінній періоди за місяцями:

загальна кількість штормів;

кількість штормів, що охоплюють більшу частину акваторії водосховища;

середня тривалість штормів у годинах;

переважний напрямок вітру;

максимальна швидкість (м/с.).

2.3.5. За лоцманськими картами для дослідної ділянки водосховища визначаються довжина розгону хвиль на всіх наявних напрямках вітру, рель'єф дна та глибина водосховища з урахуванням коливання рівня води.

2.3.6. За матеріалами ряду багаторічних спостережень складається таблиця повторюваності (у %) градацій висоти хвилі за різної швидкості та напрямку вітру.

2.3.7. Визначаються морфометричні показники переформування берегового схилу на ділянках досліджень за промірними створами (за НПР водосховища).



## **2.4. Льодовий режим**

2.4.1. У льодовому режимі дослідної ділянки за весь період експлуатації відбираються дати встановлення льодоставу та очищення водосховища від льоду.

2.4.2. Визначається найраніша й найпізніша дати встановлення льодоставу, розраховується середня дата.

2.4.3. Визначається найраніша й найпізніша дати очищення водосховищ від льоду, розраховується середня дата.

2.4.4. Розраховуються найтриваліший, найкороткочасніший, а також середній за тривалістю період льодоставу та період, вільний від льоду, що беруться у розрахунок річного вздовжберегового потоку наносів.

## **2.5. Антропогенні фактори перетворення берегової зони**

2.5.1. Під час розроблення рекомендацій щодо берегоукріплення потрібно враховувати інженерну та господарську діяльність на берегах та в акваторії водосховищ, що має значну, а часом і визначальну роль у перетворенні берегової зони.

2.5.2. Головним антропогенним фактором перетворення берегової зони є саме водосховище, у результаті експлуатаційного режиму під час комплексного використання якого відбуваються такі процеси:

коливання рівнів води;

вітро-хвильовий вплив;

вздовжберегове переміщення наносів;

утворення хвиль течій під час судноплавства;

розчищення водозаборів, портів;

спрямлення та поглиблення трас транзитного та позатранзитного судового ходу.

Наслідками зазначеного головного антропогенного фактору, що має вплив на стан берегу є такі процеси:

абразія берегів;

утворення у прибережній зоні різного типу відмілин, кіс, пересипів, бухт та заток;

формування динамічних систем берегів.

2.5.3. Для визначення факторів, що впливають на сучасний та перспективний стан берегів (до та після спорудження берегоукріплення), тенденцій їх функціонування та розвитку динамічних систем берегів, необхідно мати такі дані:

характеристику наявних берегоукріплювальних споруд, їх тип – активний чи пасивний;

оцінку впливу наявних берегоукріплювальних споруд на стан берегу та берегоукріплень, що споруджуються;

стан функціонування джерел твердого стоку (їх інтенсивність, гранулометричний склад, розподіл по відмілинах) та ерозійних виносів з місцевих водотоків, ярів, балок, улоговин стоку, доріг (у виїмці, насипу) та їх роль у формуванні прибережних відмілин, підживленні наносами ділянки берегозахисту та сусідніх з нею ділянок;

стан прибережної смуги, наявні на її території споруди з інженерного та біотехнічного упорядкування, що впливають на інтенсивність розвитку ерозійних процесів та надходження наносів у водосховище.

## ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИМИВУ

### 3.1. Визначення розрахункових рівнів води

3.1.1. Для визначення розрахункових рівнів води у водосховищах виконується статистична обробка даних багаторічних (не менше ніж за 25 років) рядів спостережень у безльодові періоди, під час цього розрахункові рівні води визначаються з урахуванням згінно-нагінних, сезонних річних коливань рівнів води.

3.1.2. Для берегоукріплювальних споруд II і III класів, а також для штучних пляжів без споруд (IV клас) забезпеченість розрахункових рівнів потрібно приймати за найвищими річними рівнями.

Для берегоукріплювальних споруд IV класу забезпеченість розрахункових рівнів потрібно приймати за середньорічними рівнями.

3.1.3. Забезпеченість найвищих річних та середньорічних рівнів води визначається за формулою:

$$F_n = \frac{n-0,3}{N+0,4} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де  $n$  – номер члену ряду, розміщеного у порядку зменшення його членів;  
 $N$  – загальна кількість членів ряду [30].

3.1.4. Режимні функції, що визначають максимальний розрахунковий рівень, будують за рядом спостережень найвищих річних та середньорічних рівнів за період не менше ніж 25 років.

3.1.5. Для побудови режимних функцій складається таблиця, де багаторічні (середні та максимальні) рівні розміщуються у порядку зменшення. За формулою 3.1 для кожного “ $n$ ” визначається значення  $F_n$ . За значеннями  $F_n$  та відповідними середньорічними (чи максимальними) рівнями будується режимна функція, що екстрапо-

люється в область малих забезпеченостей. З неї знімається величина розрахункової характеристики рівня води заданої забезпеченості (відповідно до [26]).

### 3.2.Визначення розрахункових характеристик вітру

3.2.1. Для визначення швидкості вітру розрахункової (0,2 %) забезпеченості у режимі будується графік режимно-кліматичної функції розподілу швидкості вітру. Для цього за даними багаторічного ряду спостережень за швидкістю вітру на обраних метеостанціях розраховуються величини повторюваності та забезпеченості числа випадків для кожної градації вітру, модульних коефіцієнтів ( $K_v = \frac{V}{\bar{V}}$ ) швидкостей вітру для кожної його градації та на клітчатці для кривих з помірною асиметричністю будується графік залежності  $F = f(K_v)$ .

3.2.2. Здійснюється статистичне оброблення багаторічного ряду спостережень за швидкістю вітру та розраховуються значення середньозважених швидкостей вітру  $\bar{V}$  (м/с) по роках. Потім здійснюється розрахунок середньобагаторічної середньозваженої його величини  $\bar{V}_{\text{сер}}$ .

3.2.3. Розраховується величина  $V_{0,2\%} = K_{v_{0,2\%}} \cdot \bar{V}_{\text{сер}}$ . (3.2)

Для дніпровських водосховищ  $K_{v_{0,2\%}} = 4,36$  (Рис.3.1).

3.2.4. За величиною обчисленої у відсотках повторюваності градацій швидкості вітру (м/с) по румбах за безльодовий період від кількості всіх спостережень та даними по режимній функції розподілення хвилювання для розрахункових ділянок за багаторічний період визначаються найбільш хвиленебезпечні напрямки для ділянок, що досліджуються.

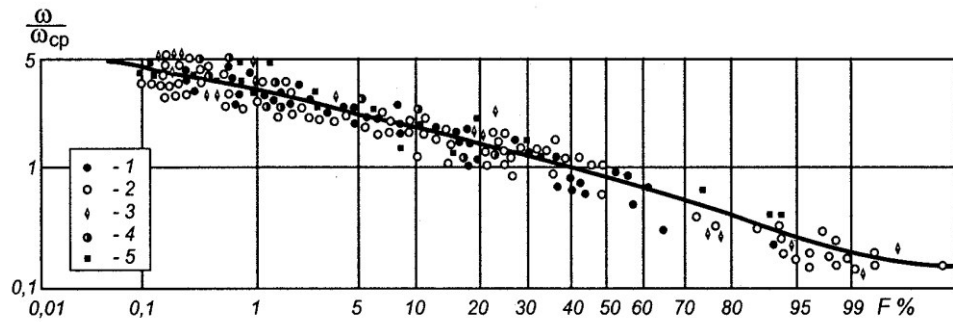


Рис.3.1. Крива розподілу модульних коефіцієнтів швидкостей вітру на водосховищах: Кременчуцьке (1). Каховське (2), Київське (3), Дніпродзержинське (4), Дніпровське (5).

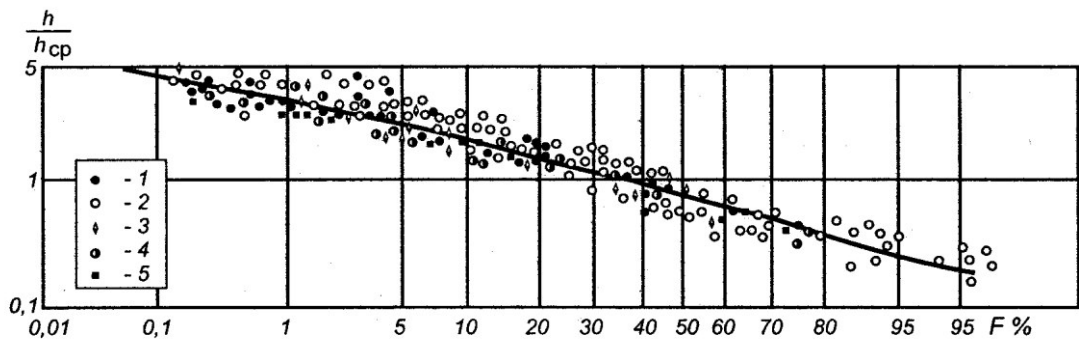


Рис.3.2. Крива розподілу модульних коефіцієнтів висот хвиль на водосховищах: Кременчуцьке (1). Каховське (2), Київське (3), Дніпродзержинське (4), Дніпровське (5).

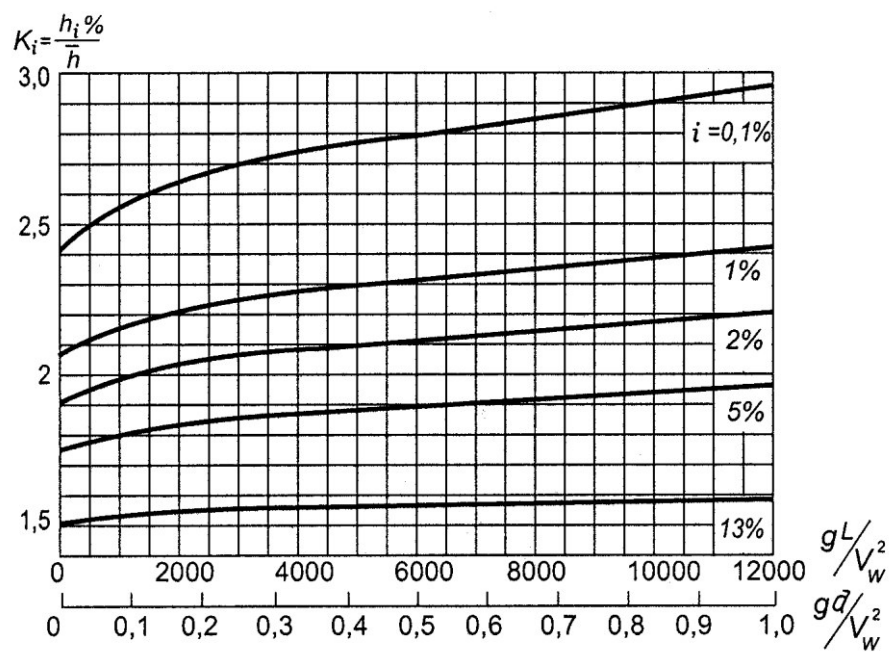


Рис.3.3. Графіки значення коефіцієнту  $K_i$ .

3.2.5. Визначається середньобагаторічна максимальна швидкість вітру хвиленебезпечного румбу. Для цього будуються графіки зв'язку  $V = f(F)$  по хвиленебезпечних румбах за багаторічний період. Отримана крива екстраполюється у бік малих значень. За розрахунковою забезпеченістю (0,2 %) визначається величина середньобагаторічної максимальної швидкості вітру хвиленебезпечного румбу.

3.2.6. За визначеною (за графіком  $V = f(P)$ ) величиною середньобагаторічної максимальної швидкості вітру  $V_{0,2\%}$  перевіряється визначена раніше величина  $V_{0,2\%}$  за формулою (3.2).

### 3.3. Визначення розрахункових параметрів вітрових хвиль

Розрахунковими параметрами вітрових хвиль є: висота та довжина хвилі 0,2 % забезпеченості у режимі  $(h_{0,2\%} \cdot \lambda_{0,2\%})$  й параметри хвиль у групі з забезпеченістю 1 %.

3.3.1. За обчисленою величиною вітрового  $V_{0,2\%}$  (див розділ 3.2), за СНиП 2.06.04-85 визначаються відповідні до величини цієї швидкості вітру величини  $h_{0,2\%}$  та  $\lambda_{0,2\%}$  у режимі.

3.3.2. Здійснюється статистичне оброблення матеріалів багаторічного ряду натурних спостережень за величинами висоти хвилі на найближчих місцях до ділянки, що досліджується, на гідропостах Укргідрометслужби МНС України. Виконується розрахунок середньобагаторічної середньозваженої величини  $\overline{h_{cp}}$ .

3.3.3. Виконуються розрахунки величин модульних коефіцієнтів висоти хвилі  $(K_h = \frac{h}{\overline{h}})$  для кожної її градації, повторюваність та забезпеченість кількості випадків для кожної градації висоти хвилі.

Будується графік режимно-кліматичної функції розподілу висоти хвилі (див.рис.3.2.).

3.3.4. Визначається  $h_{0.2\%}$ :

$$h_{0.2\%} = K_{h0.2\%} \cdot \overline{h_{сер}}. \quad (3.3)$$

Для Київського водосховища:

$$h_{0.2\%} = 4,36 \times 0,225 \text{ м} = 0,98 \text{ м} \approx 1 \text{ м}.$$

3.3.5. Величини  $h_{0.2\%}$  у режимі, визначені за величиною вітрового навантаження (пункт 3.3.1), перевіряються величиною  $h_{0.2\%}$ , визначеною за формулою 3.3.

3.3.6. Використовуючи рекомендації [26], визначаємо висоту хвилі 1 % забезпеченості:

$$h_{1\%} = h_{0.2\%} \cdot K_{1\%}, \quad (3.4)$$

де  $K_{1\%}$  - коефіцієнт, що приймається за графіком (рис.3.3) [26, 29].

3.3.7. За розрахунковими параметрами  $V_{0.2\%}$  та  $h_{0.2\%}$ , відповідно до рекомендацій [26], визначається величина пологості хвилі:

$$\frac{\lambda_{0.2\%}}{h_{1\%}}, \quad (3.5)$$

де  $\lambda_{0.2\%}$  - величина середньої довжини хвилі, відповідно до розрахункової висоти хвилі  $h_{0.2\%}$ ;

$h_{1\%}$  - величина висоти хвилі 1% забезпеченості у системі розрахункових висот хвиль, визначена за формулою 3.4.



### 3.4. Визначення величини крупності піску для спорудження примиву

3.4.1. Середньозважена величина крупності піску  $\bar{d}_{сер.}$  визначається за даними гранулометричного складу відібраних проб у кар'єрі для намиву ґрунту за формулою:

$$\bar{d}_{сер.} = \frac{d_i p_i}{100}; \quad (3.6)$$

де  $d_i$  – величина крупності  $i$ -тої фракції;

$p_i$  – процентний вміст  $i$ -тої фракції.

3.4.2. Розрахунок величини середньозваженої крупності піску виконується за даними розвідки піщаного матеріалу для спорудження берегоукріплення з урахуванням товщини геолого-літологічних шарів порід та їх гранулометричного складу.

## 4. РОЗРАХУНОК БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД (профілю примиву)

### 4.1. Визначення величини основних розрахункових параметрів профілю примиву

4.1.1. Розрахунок профілю примиву виконується за нормативними методичними документами [26, 29, 31] та літературними джерелами [7, 13, 20].

4.1.2. Головні розрахункові параметри профілю примиву (рис.4.1):

$\alpha_2$  - нижня межа розмиваючої дії хвилі, що є ідентичною глибині на зовнішній межі примиву за розрахункового рівня води у водосховищі, рівному НІР:

$$\alpha_2 = 0,028 \left( \frac{h_{0.2\%}^2 \lambda_0}{\bar{d}_{сер}^{0.5}} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (4.1.)$$

$m_2$  – коефіцієнт підводного укусу примиву від позначки НПР до позначки нижньої межі розмиваючої дії хвиль:

$$m_2 - m_0 = 0,37 \left( \frac{h_{0.2\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{\bar{d}_{сер.}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4.2)$$

де  $m_0$  – коефіцієнт підводного укусу, складеного наносами піщаних фракцій у спокійній воді:

крупний та середній пісок (1,0 – 0,2 мм):  $m_0 = 2,0 - 3,0$ ;

дрібний пісок (0,2 – 0,1 мм):  $m_0 = 3,0 - 5,0$ ;

коефіцієнт укусу в зоні змінного затоплення від позначки НПР до верхньої межі кріплення:

$$m_1 - m_0 = 0,17 \left( \frac{h_{0.2\%} \sqrt[3]{\lambda_0}}{\bar{d}_{сер.}} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4.3.)$$

4.1.3. Величина підняття примиву над розрахунковим рівнем визначається за формулою (1) СНиП 2.06.05.84 [31]:

$$h_{set} = \Delta h_{set} + h_{run1\%} + \alpha, \quad (4.4)$$

де  $\Delta h_{set}$  – величина вітрового нагону в верхньому б'єфі;

$h_{run1\%}$  – висота нахату вітрових хвиль забезпеченістю 1%;

$\alpha$  – величина запасу по висоті споруди дорівнює  $0,1h_{1\%}$ , але приймається не менше 0,25 м для берегоукріплювальних споруд [31].

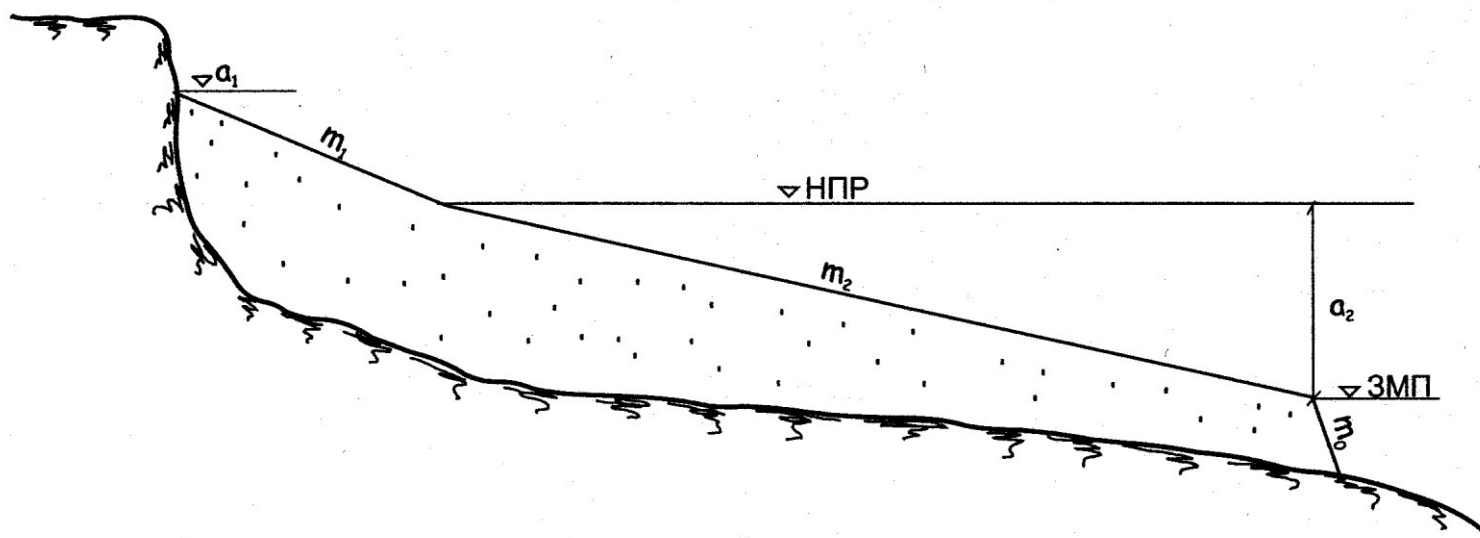


Рис. 4.1. Профіль примиву

Складові у формулі (4.4) визначаємо за СНиП 2.06.04-85 [29], при цьому забезпеченість швидкості вітру для розрахунку елементів хвиль, накату та нагону приймається меншою для особливого поєднання впливу та більшою для основного.

4.1.4. Розрахунок елементів хвиль здійснюється для двох розрахункових випадків:

I розрахунковий випадок (основне поєднання впливу) – позначка рівня води дорівнює ННР за середньо-багаторічною максимальною швидкістю вітру хвиле-небезпечного для укріплюваної ділянки берегу румбу;

II розрахунковий випадок (особливе поєднання впливу) – позначка рівня води дорівнює позначці середньо-максимального підпірного рівня (СМПР) під час проходження весняного паводку за величини розрахункової швидкості вітру, максимальної для фронтального підходу хвиль напрямку.

Розрахунки величини елементів хвиль для глибоководної та мілководної зон виконуємо за формулами та з використанням таблиць та графіків п.п. 13 – 19 додатку до СНиП 2.06.04-85 [29].

4.1.5. Величину висоти накату хвиль на схил забезпеченістю 1% по накату ( $h_{run1\%}$ , м) для хвиль, що підходять фронтально ( $h_{1\%}$ ) при величині глибини перед спорудою  $d \geq 2h_{1\%}$  визначаємо для кожного розрахункового випадку за формулою (4.5) (див.СНиП 2.06.04-85 п.1.14):

$$h_{run1\%} = K_r \cdot K_p \cdot K_{sp} \cdot K_{run} \cdot h_{1\%}, \quad (4.5)$$

де  $K_r$  та  $K_p$  – коефіцієнти, що приймаються за табл. 4.1. [29];

$K_{sp}$  – коефіцієнт, що приймається за табл.4.2. [29];

$K_{run}$  – коефіцієнт, що приймається за графіком Рис. 4.2 [29].

Таблиця 4.1.

Конструкція укріплення укосу	Відносна шорсткість, $r/h_1\%$	Коефіцієнт $K_r$	Коефіцієнт $K_p$
Бетонними (залізобетонними) плитами	—	1,0	0,90
Гравійно-галькове, кам'яне чи укріплення бетонними (залізобетонними) блоками	менше 0,002	1,0	0,09
	0,005 – 0,01	0,95	0,85
	0,02	0,90	0,80
	0,05	0,80	0,70
	0,10	0,75	0,60
	більше 0,20	0,70	0,50

**Примітка.** Характерний розмір шорсткості  $r$ , м, слід приймати рівним середньому діаметру зерен матеріалу укріплення укосу чи середньому розміру бетонних (залізобетонних) блоків.

Таблиця 4.2.

Значення $\text{ctg } \varphi$	0,4	0,4 – 2	3 – 5	Більше 5
$K_{sp}$ – для швидкості вітру 20 м/с і більше	1,3	1,4	1,5	1,6
$K_{sp}$ – для швидкості вітру 10 м/с і менше	1,1	1,1	1,1	1,2

**Примітка.**  $\varphi$  – кут нахилу схилу до горизонту, град.

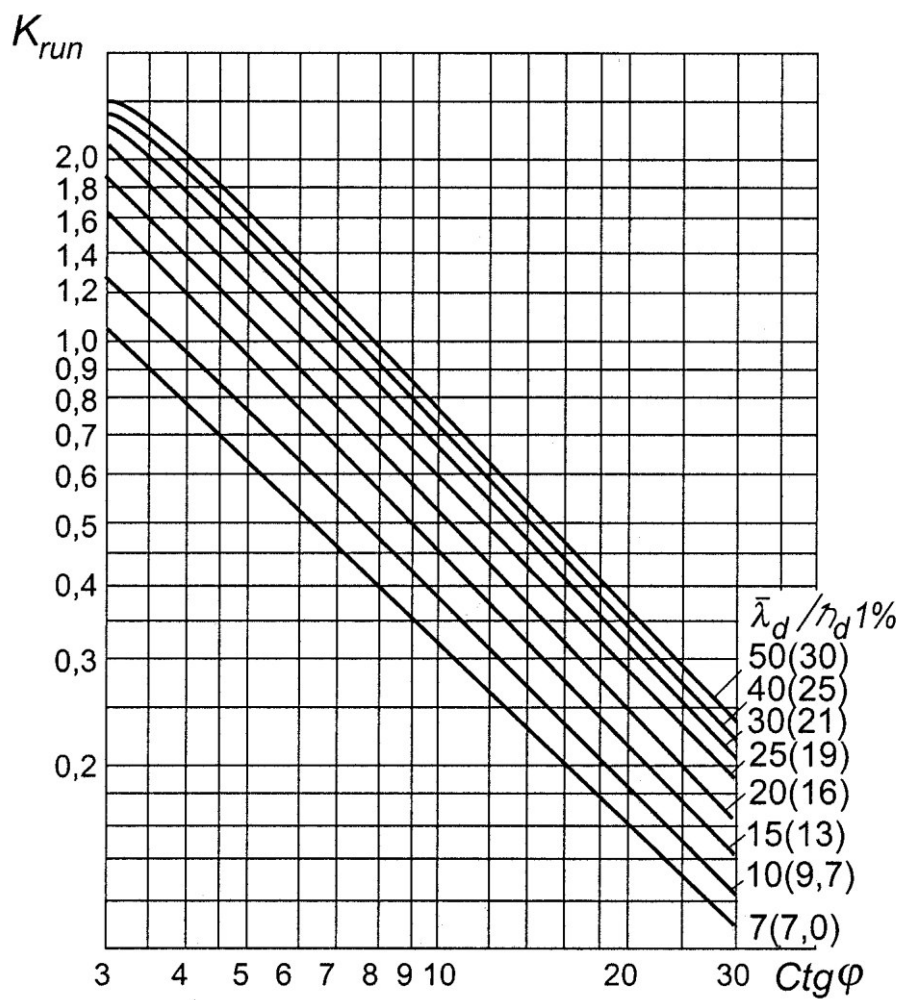


Рис. 4.2. Графік значень коефіцієнтів  $K_{run}$  за  $ctg\varphi$  від 3 до 40

4.1.6. Величину висоти вітрового нагону для кожного розрахункового випадку визначаємо методом поступових наближень за формулою: (148)

СНиП 2.06.04-85

$$\Delta h_{set} = K_v \frac{V^2 \cdot L}{g(d_{сер.} + \Delta h_{set})} \cdot \cos \alpha_v, \quad (4.6)$$

де  $\alpha_v$  – величина кута між поздовжньою віссю водосховища та напрямком хвиленебезпечного румбу, град.;

$K_v$  – коефіцієнт вітру, у разі швидкості вітру 20 м/с, рівний  $2,1 \times 10^{-6}$ ;

$V$  – величина розрахункової швидкості вітру;

$d_{сер.}$  – величина середньої глибини за довжиною розгону, м.

Отриману величину  $\Delta h_{set}$  порівнюємо з рекомендованою за [1, 28] величиною вітрового нагону для водосховищ України, яка дорівнює 0,35 м. Для розрахунку беремо більшу величину.

4.1.7. Величину позначки гребеня примиву визначаємо за формулою (4.4) для кожного розрахункового випадку та у відповідності з вказівками СнiП 2.06.04-85 вибираємо величину вищої позначки.

4.1.8. Використовуючи визначені величини параметрів примиву виконуємо побудову хвилестійких профілів берегоукріплення за створами з урахуванням морфологічної структури ложа водосховища, морфології берегового уступу та глибини спрацювання водосховища.

У разі вертикального берегового уступу спорудження профілю примиву виконується за такою схемою:

від позначки верху кріплення берегу ( $a_1$ ) до позначки НПР виконується спорудження укосу з коефіцієнтом  $m_1$ ;

від позначки НПР до позначки зовнішньої межі примиву (ЗМП) – з коефіцієнтом  $m_2$ ;

від позначки ЗМП до поверхні ложа – з коефіцієнтом  $m_0$ .

У разі пологого укосу берегового уступу спорудження профілю виконується від позначки поверхні ложа водосховища на глибині розмиваючої дії хвилі  $\alpha_2$  (від розрахункового рівня води), що відповідає позначці ЗМП, до позначки НПР з коефіцієнтом  $m_2$ ;

від позначки НПР до позначки верху примиву – з коефіцієнтом укосу  $m_1$ .

Розрахунки коефіцієнтів укосу надводної  $m_1$  та підводної  $m_2$  частини примиву виконуються з урахуванням величин його знакозмінних деформацій, котрі оцінюються використовуючи мінімальну  $m_{\min}$ , середню  $m_{\text{сеп.}}$  та максимальну  $m_{\max}$  величин  $m_1$  та  $m_2$  (табл.4.3).

Таблиця 4.3.

$m_{1\max}$	$m_{1\text{сеп.}}$	$m_{1\min}$	$m_{2\max}$	$m_{2\text{сеп.}}$	$m_{2\min}$
0,17	0,13	0,05	0,37	0,27	0,15

## 4.2. Розрахунок балансу вздовжберегових потоків наносів

4.2.1. На план дослідної ділянки наноситься берегова лінія, що відповідає величині розрахункового рівня води, у вигляді ламаної прямої, відрізки якої проводяться приблизно паралельно генеральному напрямку ізобат берегової відмілини.

4.2.2. За довжиною берегоукріплення виділяється ряд розрахункових ділянок. Довжина розрахункової ділянки приймається не менше 200 м.

4.2.3. У середині прямолінійного відрізка берегової лінії кожної розрахункової ділянки проводиться зовнішня нормаль.

4.2.4. Визначається кут між нормаллю та лінією напрямку діючого хвилювання за формулою:

$$\theta = A_n - A_p ,$$

де  $A_n$  - величина азимуту діючого румбу хвилювання;

$A_p$  - величина азимуту зовнішньої нормалі.



Отримані для кожної ділянки дані зводяться в таблицю кутів підходу хвиль до берегу ( $\theta$ ), окремо для румбів, що визначають “правий” та “лівий” потоки наносів (кількість наносів, що пройшли вздовж берегу праворуч та ліворуч від створу, нормального до берегової лінії).

4.2.5. За даними замірів підводних відмілин визначається коефіцієнт “ $m$ ” підводного укусу за розрахунковий період.

4.2.6. Щільність пісків приймається рівною  $2,7 \text{ м}^3$ , води  $1 \text{ м}^3$ .

4.2.7. За даними гранулометричного складу проб, відібраних у кар’єрах для наміву ґрунту, визначається середньозважена величина крупності піску ( $D_{\text{сер.}}$ ) (пункт 4).

4.2.8. За величинами  $D_{\text{сер.}}$  визначаємо величину  $1+\phi$ , залежну від величини параметру турбулентності поведінки наносів.

4.2.9. На лоцманській карті водосховища для дослідної ділянки наноситься зовнішня нормаль та лінії напрямків усіх діючих румбів вітру та хвилювання.

За діючими румбами виконуються гіпсометричні профілі, де виділяються ділянки, характерні за глибиною, та у відповідності до настанов [26], визначаються величини довжини розгонів хвиль.

4.2.10. Розрахунок вздовжберегових потоків наносів містить визначення річних “правого” ( $Q_x \text{ пр.}$ ), “лівого” ( $Q_x \text{ лів.}$ ), результуючого ( $Q_x$ ) та потоків наносів “брутто” ( $Q_x \text{ бр.}$ ).

4.2.11. Річні “правий” та “лівий” вздовжберегові потоки наносів визначаються як арифметичні суми потоків наносів, викликані хвилюванням діючих румбів ( $P$ ), відповідно, правого та лівого квадрантів.

$$Q_x \text{ пр.} = \sum_p Q \times P; \quad Q_x \text{ лів.} = \sum_p Q \times P.$$

4.2.12. Розрахунок річного вздовжберегового потоку наносів ( $Q_x P$ ), викликаного хвилюванням окремого діючого румбу виконується за формулою:

$$Q_{xp} = 26,2 K(\sin 2\theta \cdot \sin \theta)^2 \left[ \sum_1^p \left( \bar{h} \right)^2 \bar{\lambda} f \left( \frac{\bar{\lambda}}{\bar{h}} \right)^{\frac{1}{3}} \right], \quad (4.3)$$

де  $K$  - розрахований згідно [1, 11];

$\bar{h}, \bar{\lambda}, f$  – величини, визначені у пп.3.3.1 – 3.3.6;

$\sum_1^p$  - означає, що підсумок виконується за градаціями висот хвиль діючих румбів.

Результати розрахунків по кожній ділянці наводяться у табличній формі.

4.2.13. Результируючий потік наносів ( $Q_x$ ) та потік наносів “брутто” визначаються за формулами (4.4 та 4.5).

$$Q_x = Q_{пр} - Q_{лів}, \quad (4.4)$$

$$Q_{бр} = Q_{пр} + Q_{лів}. \quad (4.5)$$

## **5. ТЕНДЕНЦІЇ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ БЕРЕГІВ ПІД ЧАС СПОРУДЖЕННЯ ПРИМИВУ**

### **5.1. Прогноз переформування берегів**

Завчасний прогноз майбутнього стану берегової зони є основою планування раціонального використання та охорони прибережних територій.

На сьогодні є різні методики прогнозу переформування берегів великих рівнинних водосховищ та їх модифікації.

Під час вибору методики прогнозу слід враховувати стадію розвитку процесу переформування берегів (інтенсивний чи сповільнений розвиток, затухання процесу) та зону водосховища [4, 18].

Надійність та достовірність результатів прогнозу визначається відповідністю використаної методики типу водосховища, природним умовам та режиму експлуатації.

Під час виконання прогнозу перероблення берегових схилів, складених незв'язаними породами, потрібно використовувати у залежності від природних умов та стадії розроблення методики [22, 15]: для рівнинних водосховищ ЦНД і КВВР [9], ГГІ [2, 8, 19], ІГМ АН України [20], МГУ [3] УФ ЦНДКВВР [4, 11, 17, 27].

5.1.1. Для виконання прогнозу та розрахунків переформування берегів водосховищ необхідні такі вихідні матеріали:

топографічні карти берегових схилів;

інженерно-геологічна карта узбережжя водосховища, геологічна карта узбережжя водосховища та геологічні розрізи по характерних створах;

геоморфологічна карта узбережжя водосховища;

гідрологічна карта узбережжя водосховища;

графік коливання рівня води водосховища, включаючи період початкового наповнення;

багаторічні дані про швидкість та тривалість вітрів;

дані про властивості та стан порід, з яких складено береги водосховища.

5.1.2. До складу прогнозу переформування берегових схилів водосховищ потрібно включати дані з усіх процесів – абразія, зсуви, обвали, осипи, просадки, карст та вивітрювання [22], (п.п. 2.3, 2.4).

5.1.3. Для перевірки правильності вибору методики прогнозу переформування берегів, за нею виконуються розрахунки об'ємів ( $W_{\text{п}}$ ) переформування за весь період експлуатації водосховища.

5.1.4. Виконується порівняльний аналіз результатів  $W_{\text{п}}$ , розрахованих за обраною методикою та величинами фактичних обсягів перероблення (отриманих за натурними спостереженнями за період експлуатації водосховища).

5.1.5. Впевнившись у вірності обраної методики, виконується розрахунок прогнозу обсягів перероблення берегів на окремі терміни (10 та 25 років), що відповідають безремонтному та нормативному терміну експлуатації споруди.

## **5.2. Прогноз переформування примиву**

5.2.1. Прогноз переформування примиву виконується за методикою В.Л. Максимчука [11]: величина лінійного перероблення будівельної призми за перший рік експлуатації ( $S_1$ ) визначається за формулою (5.1):

$$S_1 = \sqrt[3]{\frac{E}{9,81 \cdot \rho_n \cdot H_{\text{пер}}}}, \quad (5.1)$$

де  $E$  – величина потоку хвильової енергії до примиву, дж [11];

$\rho_n = 2700 \text{ кг/м}^3$  – величина щільності піску;

$H_{\text{пер}}$  – величина перевищення (в метрах) бровки будівельної призми над НПР, залежить від технології спорудження будівельної призми та глибини нижньої межі розмиваючої дії хвиль для піщаних ґрунтів ( $a_2$ ), з яких складається примив.

Під час спорудження примиву наливним способом  $H_{\text{пер}}$  – визначається за формулою:

$$H_{\text{пер}} = \frac{h_{\text{set}} - \Delta HPP}{2} + \frac{a_2}{2}, \quad (5.2)$$

5.2.2. Потік хвильової енергії до примиву  $E$ , дж, визначаємо за формулою:

$$E = 0,502 \cdot 10^6 \cdot T \cdot \cos \theta \cdot \sum \bar{h}^2 \cdot f \cdot \bar{c}, \quad (5.3),$$

де  $T$  – кількість діб безльодового періоду за рік на водосховищі біля берегу, на якому проводяться захисні заходи;  $f$  – величина режимної повторюванності даного хвилювання, що характеризується  $h$ , %;  $\bar{h}$ ,  $\bar{c}$  – величини середньої висоти (м) та фазової швидкості (м/с) хвиль;  $\theta$  – кут між променем хвиль даного діючого румбу та нормаллю до берегової лінії.

З урахуванням конвергенції хвиль біля штучних мисів – примивів та концентрації потоку хвильової енергії [11] розрахункова величина визначається за формулою:

$$E_p = E \cdot K_k, \quad (5.4)$$

де  $K_k$  – коефіцієнт конвергенції:

$$K_k = \frac{L_0}{L_x},$$

де  $L_0$  – величина довжини кола у сегменті призми примиву;

$L_x$  – довжина хорди цього сегменту.

5.2.3. Величину лінійного перероблення примиву на прийнятий термін безремонтної експлуатації ( $n$  років) визначаємо за графіком (мал. 5.1), входячи в нього з величиною лінійного перероблення будівельної призми за перший рік експлуатації ( $S_1$ ), визначеною за формулою 5.1.

5.2.4. Прогнозована величина об'єму розмиву за прийнятий термін експлуатації дорівнює добутку величин довжини розрахункової ділянки та площі, що містяться між профілем будівельної призми (на прийнятий термін експлуатації) та профілем відносної динамічної рівноваги примиву з мінімальним коефіцієнтом підводного укусу ( $m_{1\min}$ ) та середнім динамічним коефіцієнтом підводного укусу

( $m_{2\text{сеп}}$ ) та відсіченою вертикаллю на відстані лінійної величини заплеску хвиль ( $L_{\text{зап.}}$ ), відкладеної від берегового уступу на рівні відмітки гребеня примиву.

5.2.5. На основі даних розрахунку визначаються об'єми розмиву примиву за прийнятий термін безрементної експлуатації – 10 років та за нормативний термін служби споруди – 25 років.

### **5.3. Вибір місця розташування, розрахунки та обґрунтування схем берегоукріплення та об'ємів примивів**

5.3.1. Вибір місця розташування локальних примивів виконується з урахуванням захисту ділянок берегу, що зазнають найбільшого впливу руйнівної дії хвиль.

До уваги (в доповнення до п.2.5.) також приймаються місцеві умови в районі об'єкту захисту, а саме:

- необхідність виконання першочергових робіт щодо захисту населених пунктів, найбільш цінних земельних угідь, спеціальних об'єктів тощо;

- антропогенний вплив, що створюють: надходження наносів з мисів, що розмиваються, – природних або штучних; винесення наносів водотоками – постійними або тимчасовими; наявність непропусків наносів у вигляді суходонних причалів, бухт-відстійників, водозаборів, підвідних каналів насосних станцій тощо.

5.3.2. Розрахунки та обґрунтування схем берегоукріплення виконуються з урахуванням: місцевих умов, балансу та напрямку потоку наносів, прогнозу балансу наносів на термін безремонтної експлуатації примивів на сусідніх із захищеними ділянками, тенденцій формування динамічних систем берегів, антропогенного впливу на них, виконання умов збереження берегозахисних властивостей, відповідних капітальності берегозахисних заходів.

5.3.3. Повна ширина будівельної призми примиву – це сума ширини надводної частини пляжу, утвореної заплеском хвиль та величини лінійного перероблення примиву на прийнятий термін безремонтної експлуатації.

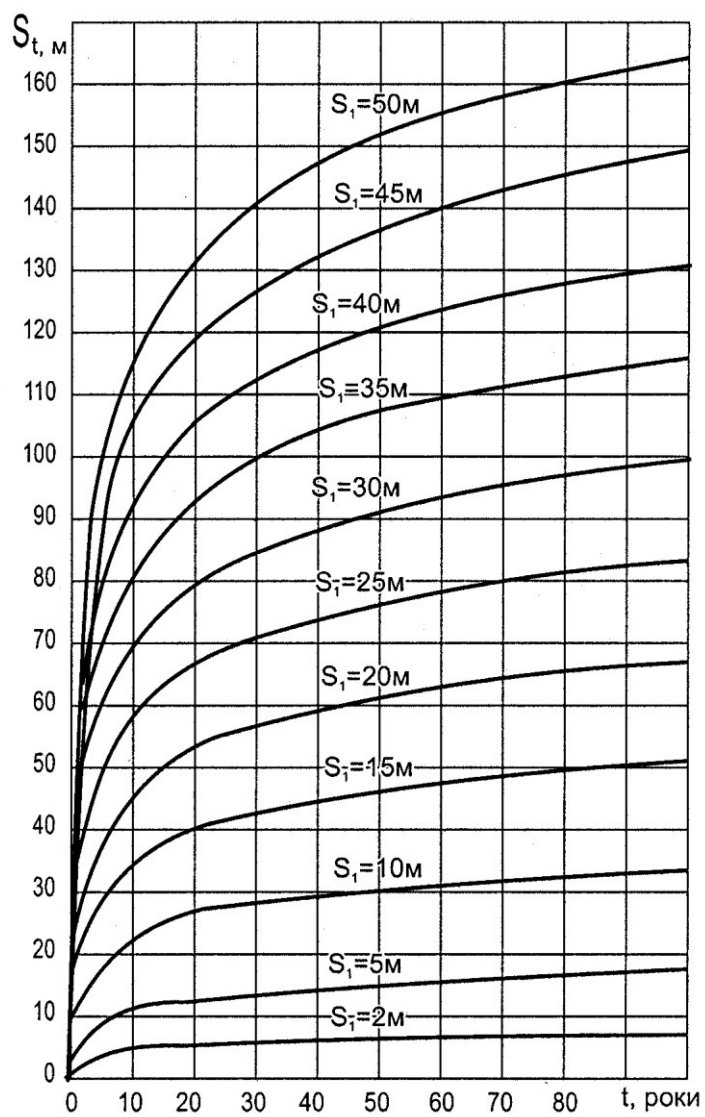


Рис. 5.1. Залежність лінійного перероблення  $S_t$  від часу  $t$  в роках

З урахуванням знакозмінних деформацій примиву [10] вона визначається за формулою:

$$L_{\text{зап}} = a_1 \cdot m_1, \quad (5.1)$$

$$m_1 = 0,05 \left( \frac{h}{D} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \left( \frac{\lambda}{h} \right)^{\frac{1}{6}} + m_0, \quad (5.2)$$

де  $m_0$  – коефіцієнт природного укосу піску під водою.

5.3.4. Профільний об'єм примивів визначається шляхом накладання профілів берегу та обчислених розрахункових профілів будівельних призм примивів на прийнятий термін безремонтної експлуатації у відповідності з класом капітальності берегоукріплювальних споруд.

5.3.5. Питомі профільні об'єми примивів ( $q$ ) дорівнюють площі, що міститься між профілем берегу та розрахунковими профілями будівельних призм примивів.

5.3.6. Загальний профільний об'єм суцільного примиву, на ділянці берегоукріплення дорівнює:

$$W_c = (q_1 L_1 + q_2 L_2 + \dots + q_n L_n), \quad (5.3)$$

де  $q_{1,2 \dots n}$  – питомі профільні об'єми примиву на промірних створах по довжині берегу, на якому виконуються захисні заходи,  $\text{м}^3/\text{пог.м}$ ;

$L_{1,2 \dots n}$  – величини відстаней між створами, м.

5.3.7. Об'єм локальних примивів дорівнює:

$$W_{\text{л}} = (q_{1\text{л}} \cdot L_{1\text{л}} + q_{2\text{л}} \cdot L_{2\text{л}} + \dots + q_{n\text{л}} \cdot L_{n\text{л}}), \quad (5.4)$$

де  $q_{1\text{л}} \dots q_{n\text{л}}$  – питомі профільні об'єми примивів на промірних створах по довжині локальних примивів  $\text{м}^3/\text{пог.м}$ ;

$L_{1\text{л}} \dots L_{n\text{л}}$  – величини відстаней між створами на ділянках локальних примивів, м.

5.3.8. Довжина кожного локального примиву визначається величиною довжини ділянок з від'ємним балансом об'ємів вздовжберегових потоків наносів.



5.3.9. Об'єм намиву ґрунту на ділянці суцільного та кожного локального примиву ( $W$ ) дорівнює:

$$W = W_{c(l)} + W_n, \quad (5.5)$$

де  $W_{c(l)}$  – об'єм суцільного (кожного локального) примиву з хвилестійким укосом, спорудженого за визначеними параметрами,  $\text{м}^3$ ;

$W_n$  – об'єм ґрунту, що забезпечує насичення наносами вздовжберегових потоків та стійкість берегу на ділянці берегоукріплення протягом терміну безремонтної експлуатації примиву,  $\text{м}^3$ :

$$W_n = Q_{бр} \cdot t \cdot K, \quad (5.6)$$

де  $Q_{бр}$  – величина середньобагаторічного вздовжберегового потоку наносів (брутто) на ділянці намиву з від'ємним річним балансом,  $\text{м}^3/\text{пог.м}$ ;

$t$  – термін безремонтної експлуатації примиву, роки;

$K$  – коефіцієнт, що враховує втрату ґрунту під час намиву (в залежності від крупності ґрунту), крупно-дрібно зернистий  $K = 1,3 \div 1,5$ .

5.3.10. Під час обґрунтування схем та обсягів намиву берегоукріплення із застосуванням локальних примивів разом з п. 5.3.1 враховуються такі положення:

локальні примиви належать до активних наносорегулюючих берегоукріплювальних споруд;

термін служби примивів визначається балансом наносів, типом берегу, обсягами початкових та ремонтних домивів та призначається аналогічно нормативному терміну служби споруди чи території, де проводяться захисні заходи;

техніко-економічними розрахунками встановлено ефективність відновлення примивів не частіше ніж через 5 років і якщо об'єм, що залишився, не перевищує 50 % початкового намиву;

обсяги локальних примивів допускається зменшувати відносно розрахункової величини за рахунок періодичного відновлення втрат не частіше ніж через 5 років.

#### **5.4. Прогноз переформування берегів у районі берегоукріплення у разі спорудження примиву**

5.4.1. Прогноз переформування берегів у районі берегоукріплення у разі спорудження примиву виконується для аналізу, що виникає з початком функціонування примиву (суцільного, локального) крайового ефекту.

5.4.2. Прогноз є основою для висновку про забезпечення захисту прилеглих до примиву берегів.

5.4.3. Для виконання прогнозу потрібно мати окремо за запропонованими варіантами берегоукріплення такі дані:

довжина примиву (суцільного чи локального), м; їх об'єм,  $\text{м}^3$ ;

об'єм насичення,  $\text{м}^3$ ; питомий об'єм,  $\text{м}^3/\text{п.м}$ ; довжини сусідніх з примивами ділянок, м; лінійне перероблення берегу, м; питомий об'єм абразії берегового уступу,  $\text{м}^3/\text{п.м}$  на цих ділянках (отримані в результаті розрахунку за вибраною методикою відповідно до п.5.1); питомий об'єм відкладення наносів від абразії,  $\text{м}^3/\text{п.м}$ ; загальний об'єм наносів від абразії, що надійшли на ділянку,  $\text{м}^3$ ; об'єм наносів, що надійшли під час вздовжберегових переміщень,  $\text{м}^3$ ; сумарний об'єм наносів,  $\text{м}^3$ ; питомий об'єм наносів,  $\text{м}^3/\text{п.м}$  на сусідні з примивом ділянки; питоми об'єми підживлення наносів з місцевого стоку чи з сусідніх місів, примивів, що розмиваються тощо.

5.4.4. Отримані дані за питомих об'ємом наносів дозволяють побудувати профіль берегу на сусідніх, призначених для аналізу, створах з урахуванням надходження сумарного об'єму наносів на ці створи, як за прийнятий термін безремонтної експлуатації примиву, так і за кожний рік експлуатації споруди.

5.4.5. Індикатором забезпечення захисту берегу є виникнення надводної берегової відмілини (пляжу) за розрахункового рівня води (в даному випадку за НІР).

## 6. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПРОВЕДЕННЯ ГІДРОНАМИВУ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИМИВУ

6.1. Для недопущення руйнування прибережної відмілини, що виникла під час експлуатації водосховища і є основою для берегоукріплення всякого типу, намив рекомендується здійснювати під час встановлення земснаряду на відстані:

$$S = H_{\text{сер.}} \cdot m_0 + B, \quad (6.1)$$

де  $H_{\text{сер.}}$  – середня глибина кар'єру ґрунту для намиву, м;

$m_0$  – коефіцієнт природного схилу для пісків кар'єру ґрунту;

$B$  – найбільша ширина відмілини на ділянці берегу, що потребує виконання захисних заходів, м.

6.2. Односторонній намив потрібно здійснювати до позначки верху споруди, а схил вільного намиву приймається в залежності від гранулометричного складу ґрунту, що намивається. Наприклад, для середньозернистих піщаних ґрунтів – над водою – 1:35, а під водою – 1:10.

6.3. Для намиву використовуються розташовані поблизу (до 500 м) кар'єри ґрунту з достатньою продуктивною потужністю.

6.4. Технологія гідронамиву визначається з урахуванням земснаряду, що використовується, та розташування кар'єру ґрунту.

6.5. Для збільшення терміну безремонтної експлуатації примиву рекомендується здійснити після намиву двоярусне біологічне укріплення (надводної та підводної частини примиву) у приурізовій смузі з урахуванням інтенсивності хвильового впливу на окремі ділянки примиву.

6.6. Для нижнього ярусу біологічного укріплення (на 0,5 – 2 м нижче НПР) рекомендується пояс повітряно-водної або напівзануреної рослинності (рогіз, очерет), що висаджується вище урізу води на 0,2 м.

6.7. Верхній пояс рослинності влаштовують на 0,2 м нижче НПР та вище по схилу з вербокущових культур (верба біла, верба мигдальна, шелюга тощо.)

[7]. Ґрунт під кореневу систему потрібно брати з натуральних заростей, а посадку рослинності здійснювати у траншеї з глибиною 0,5 м з подальшим засипанням рослинним ґрунтом.

6.8. На намитих пісках вище НПР добре приживається овес піщаний, келерія піщана та срібляста [32].

6.9. Величина об'ємів експлуатаційних домивів та їх частота визначаються відповідно до п.5.3.

6.10. Ділянки берегів, що перебувають під захистом локальних примивів, відносяться до категорії берегоукріплювальних споруд.

Інженерні ,організаційно-технічні та інші заходи на них здійснюються за узгодженням з службами, що здійснюють експлуатацію водосховища з урахуванням специфіки їх роботи та без збитків для функціонування локальних примивів.

## 7. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД

7.1. Берегоукріплювальні споруди, що розробляються, призначені для використання місцевих дешевих будівельних матеріалів та високопродуктивних технологічних процесів.

7.2. Очікуваний отриманий економічний ефект внаслідок здійснення берегоукріплення визначається за принципом порівняльної ефективності двох альтернативних варіантів, що включають такі положення.

Перше – берегоукріплення здійснюється, інфраструктура та навколишнє природне середовище не порушується, відбувається стабілізація та поліпшення екологічного стану.

Друге – берегоукріплення не здійснюється, процес руйнування берегів продовжується, інфраструктура та навколишнє природне середовище зазнає постійного негативного впливу, що призводить до їх руйнування або навіть до їх знищення та погіршення екологічного стану.

7.3. Критерієм оцінки економічної ефективності внаслідок виконання берегоукріплення є дотримання умов, зазначених в економіко-математичній моделі, наведеній нижче в узагальнюючому вигляді:

$$\sum_{i=1}^n B_i \leq \sum_{j=1}^m B_j + \sum_{k=1}^p Z_{k1}, \quad (7.1)$$

де ліва частина формули – наведено сумарні витрати, необхідні для виконання берегоукріплення; права частина – доданки наведених витрат і збитків, що виникають у разі берегообвалення за відсутністю берегоукріплення.

7.2. У разі впровадження наукових розробок на конкретній ділянці водосховища, економіко-математична модель набуває такого вигляду:

$$B_1 + B_2 + B_3 \leq B_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3, \quad (7.2)$$

де  $B_1$  – наведені витрати на виконання науково-дослідних робіт, грн.;

$B_2$  – наведені витрати на проектні роботи, грн.;

$B_3$  – наведені витрати на будівництво берегоукріплювальних споруд, грн.;

$B_4$  – наведені витрати, необхідні для перенесення об'єктів на ділянці на нове місце, грн.;

$З_1$  – збитки внаслідок вилучення територій для будівництва об'єктів, освоєння та рекультивациі земель на новому місці, грн.;

$З_2$  – збитки внаслідок руйнування об'єктів, спричинені берегообваленням, грн.;

$$З_2 = D \times S, \quad (7.3)$$

де  $D$  – доход з 1 га об'єкту, де виконуються захисні заходи, тис. грн.;

$S$  – площа об'єкту, де виконуються захисні заходи, га.;

$З_3$  – збитки, спричинені наявним об'єктам внаслідок берегообвалення у разі невиконання берегоукріплення, грн.

7.3. Оцінку економічної ефективності внаслідок виконання берегоукріплення виконуємо на базі вихідних даних щодо витрат і на основі техніко-економічних показників, наведених у [5, 6, 14].

7.4. Наведені витрати розраховуємо за формулою:

$$B = E_n K_i + C_i, \quad (7.4)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, згідно [14, 18] дорівнює 0,15;

$K_i$  – капіталовкладення на будівництво берегоукріплення, тис.грн.;

$C_i$  – поточні витрати ( експлуатаційні) на берегоукріплення, тис.грн.

7.5. Сукупні витрати та збитки у правій частині формули (7.2) розраховуємо за формулою (7.4):

$$З_1 = (E_n \cdot S \cdot K_{oc} + C_{oc}) \cdot K_t, \quad (7.5),$$

де  $S$  – площа території, що освоюється замість втраченої, для будівництва об'єктів на новому місці, га;

$K_{oc}$  – питомі капіталовкладення на освоєння нових земель, тис. грн./га;

$C_{oc}$  – поточні витрати на освоєння нових земель, тис. грн./га;

$K_t$  - коефіцієнт наведених різночасних витрат та результатів за фактором часу , що визначається за формулою :

$$K_t = \frac{1}{(1 + E_{nn})^t}, \quad (7.6)$$

де  $E_{nn}$  – норматив наведених різночасних витрат, що дорівнює: для відновлення насаджень – 0,03, для інших заходів – 0,08.

7.6. Для всебічної оцінки економічної ефективності використання капіталовкладень для створення берегоукріплення виконуються розрахунки величин абсолютної економічної ефективності витрат  $E_\alpha^p$  та терміну їх окупності  $T_{ok}^p$  .

$$E_\alpha^p = \frac{B_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3 - B_1 + B_2 + B_3}{B_1 + B_2 + B_3}, \quad (7.7)$$

$$T_{ok}^p = \frac{B_1 + B_2 + B_3}{B_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3} \quad (7.8)$$

7.7. Очікуваний економічний ефект внаслідок впровадження локальних примивів порівнянно з традиційним берегоукріпленням – суцільним примивом визначається відповідно до методичних рекомендацій з ефективності науково-дослідних робіт у галузі комплексного гідротехнічного та енергетичного будівництва [16] за різницею наведених витрат, обчислених для базового та рекомендованого варіантів, відповідно для суцільного та локальних примивів :

$$E = [(C_6 + E_n \cdot K_6) - (C_p + E_n \cdot K_p)]A, \quad (7.9)$$

де  $C_6, C_p$  – поточні витрати за базовим та рекомендованим варіантом, грн.;

$K_6, K_p$  – одночасові витрати за базовим та рекомендованим варіантом, грн. ;

$A$  - об'єм застосування науково-технічних заходів за розрахунковий період у натуральних одиницях виміру .

7.8. Крім порівняльної та абсолютної економічної ефективності внаслідок берегоукріплення, що впроваджується, буде отримано екологічний ефект у разі використання днопоглиблювальних робіт, розчищення ложа водосховища від наносів та рекреаційний ефект внаслідок спорудження піщаних пляжів.

7.9. Очікуваний екологічний ефект отримується внаслідок:

недопущення надходження твердого стоку, а разом з тим втрати ґрунту, основних поживних речовин у ньому під час абразійних процесів;

зменшення витрат на розчищення судохідних трас, портів, водозаборів, очищення води під час водопостачання.

7.10. Рекреаційний ефект виникає на ділянці берегоукріплення внаслідок утворення піщаного пляжу .

7.11. Виконання заходів щодо біотехнічного упорядкування (трав'яний пляж) призведе до збільшення рекреаційної цінності, а також до зменшення втрат піску під час дефляції – вітрового (еолового ) його перенесення.



## ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Білеуш А.Г., Максимчук В.Л., Ніщук В.С. Освоєння і стабілізація нестійких територій. НД та КТУ міського господарства МКГ УРСР , Київ, 1975.
2. Григорьева О.Г. Деформация берегов водохранилищ, Труды ГГИ, вып. 301, 1985.
3. Золотарев Г.С., Олехова Л.И. Переработка берегов водохранилищ сложного геологического строения и развитие методов прогноза. Труды Гидропроекта, вып. 48, 1976.
4. Инженерно-геологическое и гидродинамическое обоснование берегозащитных мероприятий на водохранилищах. Изд-во общества „Знание”, Киев, 1983.
5. Инструкция по экономическим расчетам народнохозяйственного эффекта НИР в области мелиорации. Союзгипроводхоз. – М., 1988.
6. Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в орошении земель, обводнении пастбищ и мелиоративном строительстве, Минводхоз СССР. – М., 1979.
7. Канарский В.Ф. Устойчивость и прочность откосов земляных сооружений. М. „Энергоиздат”, 1982, – 112 с.
8. Кондратьев Н.Е., Григорьева О.Г. Прогноз переформирования берегов водохранилищ. В кн.: Учёт деформации речных русел и берегов водоёмов в зоне подводных переходов магистральных трубопроводов. ВСН-163-83. Миннефтегазстрой. – Л., Гидрометеиздат, 1985.
9. Левкевич В.Е. Комплекс программ для расчета экзогенных геологических процессов на берегах водохранилищ БССР. Проблемы комплексного изучения геологии и полезных ископаемых БССР , Минск, Бел.НИИТРИ, 1985 .

10. Максимчук В.Л. Математическое моделирование морфометрических характеристик берега и их флуктуаций. В кн. Физическая география и геоморфология, Киев, „Выща школа”, 1982, № 27, с. 38-43.
11. Максимчук В.Л. Рациональное использование и охрана берегов водохранилищ. Киев, „Будивельник”, 1981.
12. Максимчук В.Л., Томильцева А.И. Режимно-климатические функции распределения элементов волн на водохранилищах Днепровского каскада. Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда, (т. 5). Гидрометеиздат, – Л., 1975, с. 297-303.
13. Максимчук В.Л., Томильцева А.И., Соляник Д.И. Определение расчетных параметров берегозащитных пляжей, сб. 28 "Мелиорация и водное хозяйство". Изд-во "Урожай", Киев, 1974, с. 86-97.
14. Методика (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. -М.: Экономика, 1977, 38 с.
15. Методические указания по прогнозированию перестроения берегов водохранилищ, П 30-75/ВНИИГ. – Л., 1975.
16. Методические рекомендации эффективности научно-исследовательских работ в области комплексного гидротехнического, энергетического строительства П-63-77 ВНИИГ. – Л., 1977.
17. Методические указания по прогнозированию перестроения берегов равнинных водохранилищ. Минводхоз УССР, Киев, 1985.
18. Методические указания по производству стационарных наблюдений за переработкой берегов равнинных водохранилищ. Минводхоз УССР, Киев, 1980.
19. Отчет НИР „Разработать Пособие по комплексной оценке влияния водохранилищ на водно-земельные ресурсы. Перестроение берегов водохранилищ.” ГГИ, – Л., 1988, гос.рег. №О87ОО62185.

20. Пышкин Б.А., Максимчук В.Л., Цайтц Е.С. Исследование вдольберегового движения наносов на морях и водохранилищах. Киев, „Наукова думка”, 1967.
21. Посібник до ВБН 33-4759129-03-05-92 “Спорудження берегоукріплень з піщаних ґрунтів на водосховищах, що довгостроково експлуатуються з амплітудою коливання рівнів до 2 м”, Держводгосп України, Київ, 1993.
22. Пособие по комплексной оценке влияния водохранилищ на водно-земельные ресурсы. Книга 4. Методика перестроения берегов водохранилищ. Украинский филиал ЦНИИКИВР, Киев. 1990.
23. Рекомендації по підвищенню надійності берегоукріплюваних споруд при експлуатації водосховищ. Держводгосп України, Київ, 1992.
24. Рекомендации по проектированию берегозащитных мероприятий на водохранилищах, Минводхоз УССР, Киев, 1987.
25. Рекомендації щодо поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ, “Поліграфцентр”, Київ, 1999.
26. Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). М.-Л: изд-во ВНИИГ, 1977 - 316 с.
27. Самойленко В.Н. Оценка устойчивости искусственных берегозащитных и естественных песчаных пляжей при водохозяйственном проектировании. Сб. „Мелиорация и водное хозяйство”, сер. 5, вып. 1984
28. СНиП 11-50-74. Гидротехнические сооружения речные, основные положения проектирования. -М. „Стройиздат”, 1976. - 31 с.
29. СНиП 2.06.04-85. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). -М.: „Стройиздат”, 1986-38 с.
30. СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. - М. „Стройиздат”, 1985. -36 С.
31. СНиП 2.06.05-84 Плотины из грунтовых материалов. Госстрой СССР. – М., 1985.

22. Томильцева А.И., Трясова М.С. Биологическое крепление откосов защитных дамб на днепровских водохранилищах. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического совещания по динамике берегов и их рациональному использованию, кн.5, Черкассы, 1979.

**ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ**

Потрібно запроектувати локальний примив для укріплення ділянки правобережжя нижньої зони Київського водосховища в районі населеного пункту, прилеглих до нього сільськогосподарських об'єктів та угідь (теплиця, розсадник плодових дерев, сад і рілля) (рис. д.1).

Амплітуда коливання рівнів води – до 2 метрів.

Середньобагаторічну повторюваність в % градації швидкості вітру м/с по румбах за безльодовий період від кількості всіх спостережень наведено в табл. д.1.

Вихідні дані для визначення розрахункових параметрів примиву наведено в табл. д.2.

Результати розрахунків елементів хвиль наведено в табл. д.3.

Розрахункові параметри примивів для двох ділянок наведено в табл. д.4.

Основні дані по динаміці перероблення берегу в районі берегоукріплення наведено в табл. д.5.

Відстані між промірними створами наведено в табл. д.6.

Місце розташування та довжини характерних розрахункових ділянок наведено в табл. д.7.

Визначення параметрів хвилювання для розрахунків вздовжберегових потоків наносів по СПдС румбу наведено в табл. д.8.

Вихідні дані для розрахунку вздовжберегових потоків наносів наведено в табл. д.9.

Розрахункові показники для розрахунку річного вздовжберегового потоку наносів наведено в табл. д.10.

Результати розрахунків вздовжберегових потоків наносів по розрахункових ділянках наведено в табл. д.11.

На ділянці, що розглядається, можливим є застосування двох варіантів берегоукріплення:

I варіант – спорудження суцільного примиву на довжині 2013 м із загальним (профільним) об'ємом намиву  $W_c = 82,94$  тис.  $m^3$  та відповідним питомим об'ємом  $g_c = 41,2$   $m^3/\text{пог.м}$  (табл.д.12).

Об'єм будівельної призми (профільний) з надводним схилом  $m=35$  та підводним схилом  $m = 10$  дорівнює:

$$W = W_c + W_n,$$

де  $W_n$  – об'єм насичення, рівний величині суми різнонаправлених потоків та суми дефіцитів наносів на ділянці, що розмивається ( в межах розрахункових ділянок 2 – 4), помножений на величину терміну безремонтної експлуатації (10 років) та коефіцієнт 1,3, що враховує втрату ґрунту під час намиву, тобто:

$$\begin{aligned} W_n &= (823,7+831,6) + (920,6-831,6) + (2365,1-920,6) + (3539,4-2365,1) \times 10 \times 1,3 = \\ &= (1655,3 + 89 + 1444,5 + 1174,3 ) \times 10 \times 1,3 = 4363,1 \times 10 \times 1,3 = 56720 \text{ м}^3, \end{aligned}$$

$$g_n = \frac{56720}{2013} = 28,2 \text{ м}^3/\text{пог.м},$$

$$W_c = 82946,64 + 56720,00 = 139666,64 \text{ м}^3,$$

$$g_c = \frac{139666,64}{2013} = 69,38 \text{ м}^3/\text{пог.м};$$

II варіант – спорудження двох локальних примивів у межах: перший – від створу 3 до створу 6, довжиною 89 м; другий – від створу 7 до створу 15, довжиною 560 м (табл. д. 13).

$$W_1 (3-6) = 4642,65 \text{ м}^3,$$

$$W_{n1} (3-6) = 842,1 \times 10 \times 1,3 = 10947,3 \text{ м}^3,$$

$$g_{n1} (3-6) = \frac{10947,3}{89} = 123 \text{ м}^3/\text{пог.м}.$$

Об'єм намиву з урахуванням насичення вздовжберегового потоку наносів:

$$g_c = 41,2 \text{ м}^3/\text{пог.м}$$

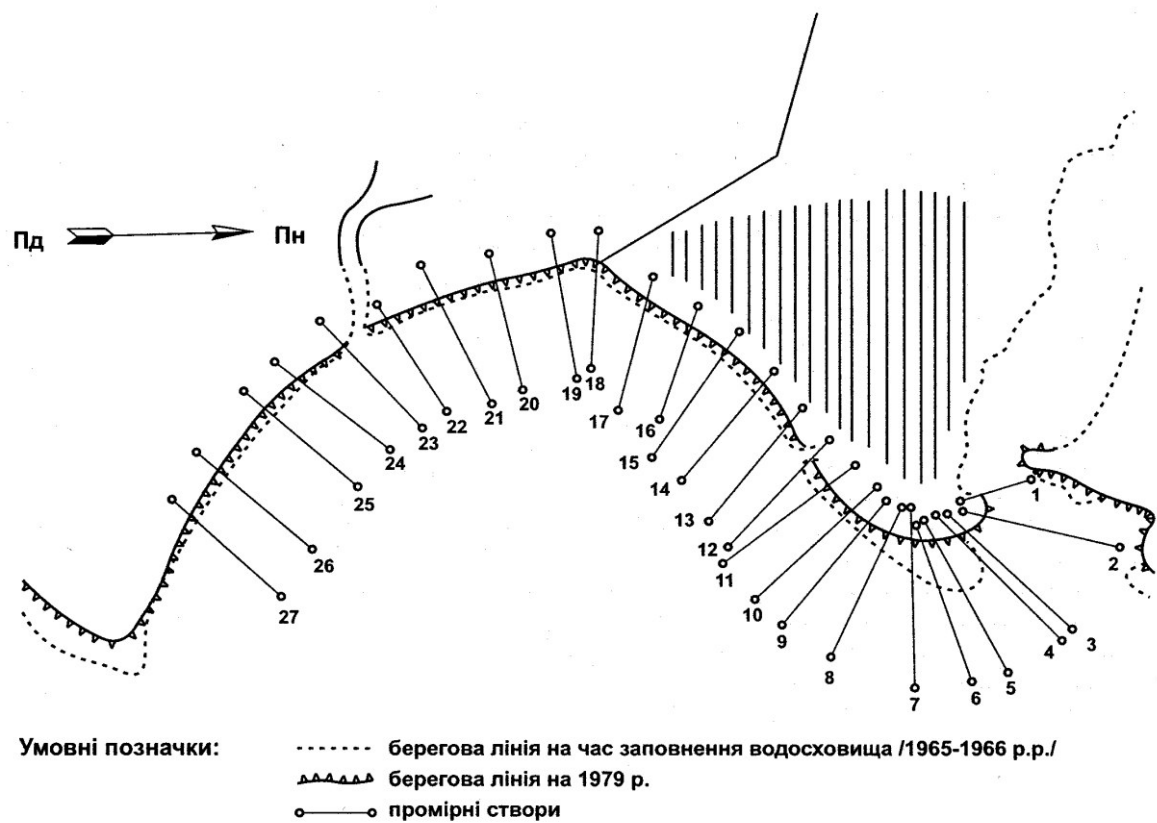


Рис. д.1. Схематичний план ділянки берегоукріплення

Таблиця д.1

Повторюваність в % градації швидкості вітру (м/с) по румбах за безльодовий період від кількості усіх спостережень по МС Вишгород (1972-1989 рр.)

Градації швидкості вітру, м/с	Пн	ПнПнС	ПнС	СПнС	С	СПдС	ПдС	ПдПдС	Пд
1 - 3	3,18	1,68	1,38	1,04	1,29	1,22	2,52	2,72	4,52
4 - 5	2,60	1,07	1,07	0,66	0,86	0,51	1,32	1,32	2,76
6 - 7	1,53	0,76	0,61	0,30	0,46	0,20	0,51	0,61	0,53
8 - 9	1,38	0,56	0,40	0,20	0,15	0,04	0,15	0,15	0,56
10 - 11	0,56	0,25	0,20	0,04	0,02	-	0,01	0,05	0,15
12 - 13	0,30	0,10	0,05	0,01	-	-	0,02	-	0,04
14 - 15	0,10	0,25	0,03	-	-	-	-	-	-
16 - 17	0,05	0,01	0,03	-	-	-	-	-	-
18 - 20	0,02	0,01	0,02	-	-	-	-	-	-
Штиль	9,72	4,69	3,79	2,25	2,78	1,98	4,53	4,85	9,56

Продовж. табл. д.1

Градації швидкості вітру, м/с	ПдПдЗ	ПдЗ	ЗПдЗ	З	ЗПнЗ	ПнЗ	ПнПнЗ	Всього
1 - 3	3,49	3,88	1,86	3,54	2,76	2,06	1,97	39,11
4 - 5	1,89	2,40	1,73	4,03	2,96	2,60	2,60	30,38
6 - 7	0,92	1,38	1,22	2,14	1,07	1,32	1,78	16,34
8 - 9	0,30	0,35	0,51	0,66	0,30	0,60	0,92	7,23
10 - 11	0,05	0,05	0,10	0,15	0,07	0,20	0,35	2,25
12 - 13	0,01	0,03	0,05	0,05	0,01	0,05	0,25	0,87
14 - 15	-	0,01	0,01	0,01	-	0,03	0,06	0,50
16 - 17	-	0,01	-	-	-	0,02	0,02	0,24
18 - 20	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,07
	6,66	8,10	5,48	10,58	7,17	6,89	7,96	
Штиль							3,01	100,00



Таблиця д.2

Вихідні дані для визначення розрахункових параметрів примиву

Вихідні дані	
Модульний коефіцієнт швидкості вітру $K_v$	4,36
Середньобагаторічна середньозважена швидкість вітру $W_{сер}$ м/с	4,30
$W_{0,2\%}$ , м/с	21,00
Хвиленебезпечний румб	ПнС
Середньобагаторічна максимальна швидкість вітру хвиленебезпечного румбу, м/с	4,30
$h$ , м	0,90
$\lambda$ , м	22,45
$h_{1\%}$ , м	1,84
$\lambda_0$	12,00
$D$ , м	0,00029

## Розрахунки елементів хвиль

№ пп	N, уч.	V, м/с	d <sub>сер</sub> , м	L, м	$\frac{gd}{V^2}$	$\frac{gL}{V^2}$	h, м	$\bar{\tau}$ , с	$\bar{\lambda}$ , м	h <sub>1%</sub> , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
І розрахунковий випадок ПнС напрямок вітру										
1	I	21	2,4	4800	0,05	107				
2	II	21	7,0	5200	0,16	116				
3	III	21	4,8	4000	0,11	89				
4	IV	21	4,2	4400	0,10	98	0,90	3,80	22,45	1,87
Разом:				18400						
С напрямок вітру										
5	I	10,5	4,8	3900	0,43	347				
6	II	10,5	7,0	4300	0,62	382				
7	III	10,5	3,3	3600	0,29	320	0,40	2,57	10,32	0,85
Разом:				11800						
II розрахунковий випадок ПнС напрямок вітру										
8	I	10,5	2,7	4900	0,24	436				
9	II	10,5	7,3	5200	0,65	463				
10	III	10,5	5,1	4000	0,45	356				
11	IV	10,5	4,5	4500	0,40	400	0,46	2,87	12,86	1,00
Разом:				18600						
С напрямок вітру										
12	I	10,5	5,1	4000	0,45	336				
13	II	10,5	7,3	4300	0,65	382				
14	III	10,5	3,6	3700	0,32	329	0,41	2,67	11,136	0,87
Разом:				12000						

Таблиця д.4

## Розрахункові параметри примивів

Розрахункові показники	Ділянки III - VIII ств.13 – 27 + 20	Ділянки I - II ств.1 - 12
Розрахунковий рівень води, $\nabla$ НІР, м БС	103,00	103,00
Рівень спрацювання водосховища, м БС	101,5	101,5
Коефіцієнт природного схилу, $m_0$	3,0	3,0
Позначка верху укріплення берегу, $a_1$ , м БС	103,6	103,85
Нижня межа розмиваючої дії хвилі $a_2$ , м	2,2	2,2
Позначка зовнішньої межі примиву $\nabla$ ЗМП, м БС	100,8	100,8
Коефіцієнт підводного схилу, $m_2$	36	36
Коефіцієнт схилу в зоні змінного підпору, $m_1$	18	18

Таблиця д.5

## Основні дані по динаміці переробки берегу

Показники	
Позначка бровки берегового уступу, м абс	108,70
Лінійна переробка берегу, м	42,0
Об'єм розмиву, $m^3/пог.м$	100,0
Ширина відмілини, м	64
Глибина на зовнішній межі примиву, м	1,30
Коефіцієнт схилу відмілини	58,0
Ширина пляжу, м	2,0
Коефіцієнт абразії	0,4
Коефіцієнт акумуляції	0,6
Прогноз перероблення берегу, м	
1965 - 2005	50,0
1965 - 2010	60,0
1965 - 2015	70,0

Таблиця д.6

## Відстань між промірними створами

№ створу	Відстань	№ створу	Відстань
1	2	3	4,0
3	15	8	48,0
4		9	
4	53	9	
5		10	41,0
5	15	10	68,0
6		11	
6	17	11	58,5
7		12	
7	48	12	89,0
8		13	

Продовження табл. д.6

1	2	3	4
13	102	21	110
14		22	
		22	100
14	105,5	23	
15			
15	91	23	110
16		24	
16	110	24	93
17		25	
17	129	25	159
18		26	
18	80	26	103
19		27	
19	124	27	20
20		27+20	
20	124		
21			
Разом:			2013

Таблиця д.7

## Місце розташування та довжина характерних ділянок

№ ділянки	№ створу, відстань до створу, м	Довжина, м
I	3 - 7	100,0
II	7 - 12	263,5
III	12 - 15	296,5
IV	15 - 17	201,0
V	17 - 19	209,0
VI	19 - 21	248,0
VII	21 - 24	320,0
VIII	24 – 27 + 20	375,0
Разом:		2013,0

## Визначення параметрів хвилювання для розрахунків вздовжберегових потоків наносів

V	h	$\frac{gd}{V^2}$	L, м	$\frac{gL}{V^2}$	$\frac{gL}{V^2} + \frac{g_{\Delta} L}{V^2}$	$\frac{gh}{V^2}$	$\frac{g\tau}{V}$	$\bar{h}$	$\bar{\tau}$	$\bar{\lambda}$	f	$\bar{h}^2 \bar{\lambda} f \left( \frac{\bar{\lambda}}{\bar{h}} \right)^{\frac{1}{3}}$
3,0	3,52	8,68	2700	6622	-	0,088						
	7,45	18,27	7800	19129	25751	0,114						
	4,30	10,55	2800	6867	32618	0,117	5,0	0,048	1,019	1,622	1,22	0,0147
4,5	3,52	1,71	2700	1308		0,048						
	7,45	3,61	7800	3779	5019	0,084						
	4,30	2,08	2800	1346	7156	0,086	4,2	0,178	1,927	5,801	0,51	0,2996
6,5	3,52	0,82	2700	627		0,038						
	7,45	1,73	7800	1811	2386	0,061						
	4,30	1,00	2800	650	3650	0,063	3,4	0,271	2,253	7,929	0,20	0,3587
8,5	3,52	0,48	2700	367		0,029						
	7,45	1,01	7800	1059	1409	0,047						
	4,30	0,58	2800	380	2680	0,049	2,95	0,361	2,556	10,205	0,04	0,1620

## Вихідні дані для розрахунку вздовжберегових потоків наносів

Румби що визначають “правий” (обличчям до водосховища з суші) потік наносів

Румби що визначають “лівий” (обличчям до водосховища з суші) потік наносів

Назва румбів	Ар град.	Ан град.	$\theta$	$(\sin 2\theta \cdot \sin \theta)^2$	Назва румбів	Ар град.	Ан град.	$\theta$	$(\sin 2\theta \cdot \sin \theta)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
т.І			Діл.І						
ПнПнС	22,5 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup>	11,5	0,00607	ПнС	45 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup>	-11 <sup>0</sup>	0,005101
					СПнС	67,5 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup>	-33,5 <sup>0</sup>	0,258126
					С	90 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup>	-56 <sup>0</sup>	0,5908
					СПдС	112,5 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup>	-78,5 <sup>0</sup>	0,146625
т.І			Діл.ІІ						
ПнС	45 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	85 <sup>0</sup>	0,029925	ПдС	135 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	-5 <sup>0</sup>	0,0002291
СПнС	67,5 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	62,5 <sup>0</sup>	0,52793	ПдПдС	157,5 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	-27,5 <sup>0</sup>	0,14307
С	90 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	40 <sup>0</sup>	0,40072					
СПдС	112,5 <sup>0</sup>	130 <sup>0</sup>	17,5 <sup>0</sup>	0,02975					
			Діл.ІІІ						
ПнС	45 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	84 <sup>0</sup>	0,042755	ПдС	135 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	-6 <sup>0</sup>	0,000472
СПнС	67,5 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	61,5 <sup>0</sup>	0,54323	ПдПдС	157,5 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	-28,5 <sup>0</sup>	0,16014
С	90 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	39 <sup>0</sup>	0,378924					
СПдС	112,5 <sup>0</sup>	129 <sup>0</sup>	16,5 <sup>0</sup>	0,02393					

Продовження таблиці. д.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
т.3			Діл.IV						
ПнС	45 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>	73 <sup>0</sup>	0,28597	ПдС	135 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>	-17 <sup>0</sup>	0,02673
СПнС	67,5 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>	50,5 <sup>0</sup>	0,57373					
С	90 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>	28 <sup>0</sup>	0,151483					
СПдС	12,5 <sup>0</sup>	118 <sup>0</sup>	5,5 <sup>0</sup>	0,000335					
т.3			Діл.V						
ПнС	45 <sup>0</sup>	98 <sup>0</sup>	53 <sup>0</sup>	0,589366	СПдС	112,5 <sup>0</sup>	98 <sup>0</sup>	-14,5 <sup>0</sup>	0,014735
СПнС	67,5 <sup>0</sup>	98 <sup>0</sup>	30,5 <sup>0</sup>	0,19705	ПдС	135 <sup>0</sup>	98 <sup>0</sup>	-37 <sup>0</sup>	0,33466
С	90 <sup>0</sup>	98 <sup>0</sup>	8 <sup>0</sup>	0,001471					
т.3			Діл. VI						
ПнС	45 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup>	0,1048	С	90 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>	-20 <sup>0</sup>	0,04833
СПнС	67,5 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>	2,5 <sup>0</sup>	0,0000145	СПдС	112,5 <sup>0</sup>	70 <sup>0</sup>	-42,5 <sup>0</sup>	0,452955

Показники для розрахунку річного вздовжберегового потоку наносів

$$D = 0,00029 \text{ м}$$

№ ділянки	$\left/ \frac{g}{D} \right/^{1/2}$	$\left/ \frac{\rho}{\rho_n - \rho} \right/$	/1+φ/	m	T доба	K
I	184,0	0,45	3,9335	51	251	16,03
II	184,0	0,45	3,9335	43	251	19,01
III	184,0	0,45	3,9335	39	251	20,96
IV	184,0	0,45	3,9335	40	251	20,44
V	184,0	0,45	3,9335	32	251	25,55
VI	184,0	0,45	3,9335	30	251	27,25
VII	184,0	0,45	3,9335	36	251	22,71
VIII	184,0	0,45	3,9335	58	251	14,10



Таблиця д. 11

Результати розрахунків вздовжберегових потоків наносів по розрахункових ділянках

№ діля- нки	$\bar{m}$ /1990 -1991/	Ан/1990- 1991/	Q ПнПнС	Q ПнС	Q СПнС	Q С	Q СПдС	Q ПдС	Q ПдПдС	Q <sub>х</sub> лів. /-/	Q <sub>х</sub> прав. /+/	Q <sub>х</sub>	Q <sub>х</sub> бр
I	51	34 <sup>0</sup>	9,2 <sup>x</sup>	16,8 <sup>-</sup>	263,4 <sup>-</sup>	501,3 <sup>-</sup>	51,4 <sup>-</sup>	-	-	832,9	9,2	823,7	842,1
II	43	130 <sup>0</sup>	-	117,0 <sup>x</sup>	638,8 <sup>x</sup>	403,2 <sup>x</sup>	12,4 <sup>x</sup>	0,4 <sup>-</sup>	339,4 <sup>-</sup>	339,8	1171,4	831,6	1511,2
III	39	129 <sup>0</sup>	-	184,3 <sup>x</sup>	724,7 <sup>x</sup>	420,4 <sup>x</sup>	11,0 <sup>x</sup>	0,9 <sup>-</sup>	418,9 <sup>-</sup>	419,8	1340,4	920,6	1760,2
IV	40	118 <sup>0</sup>	-	1415,2 <sup>x</sup>	818,7 <sup>x</sup>	160,1 <sup>x</sup>	0,1 <sup>x</sup>	29,0 <sup>-</sup>	-	29,0	2394,1	2365,1	2423,1
V	32	98 <sup>0</sup>	-	3645,8 <sup>x</sup>	351,5 <sup>x</sup>	1,9 <sup>x</sup>	6,2 <sup>-</sup>	452,6 <sup>-</sup>	-	459,8	3999,2	3539,4	4459,0
VI	30	70 <sup>0</sup>	-	691,4 <sup>x</sup>	0,03 <sup>x</sup>	68,1 <sup>-</sup>	204,4 <sup>-</sup>	-	-	272,5	691,4	418,9	963,9
VII	36	49 <sup>0</sup>	885,5 <sup>x</sup>	0,5 <sup>x</sup>	57,8 <sup>-</sup>	495,6 <sup>-</sup>	192,1 <sup>-</sup>	-	-	745,5	886,0	140,5	1631,5
VIII	58	27 <sup>0</sup>	0,7 <sup>x</sup>	110,3 <sup>-</sup>	357,2 <sup>-</sup>	355,7 <sup>-</sup>	6,2 <sup>-</sup>	-	-	829,4	0,7 <sup>-</sup>	828,7	830,1

Примітка: x- кількість наносів, що пройшли вздовж берегу праворуч від створу, нормального до берегової лінії,

/-/ - відповідно – ліворуч від зазначеного створу.

Розрахунок об'ємів наміву ( $W_c$ ) у разі I варіанту суцільного (лінійно-протяжного вздовж берегу) примиву.

№ ств.	F, м <sup>2</sup>	F <sub>ср.</sub> , м <sup>2</sup>	L, м	W <sub>c</sub> , м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
3	17,4	35,6	15	534,0
4	53,8	60,85	53	5225,05
5	67,9	44,7	15	670,5
6	21,5	20,7	17	351,9
7	19,9	79,3	48	3806,4
8	138,7	127,83	48	6135,84
9	116,95	99,73	41	4088,03
10	82,5	77,78	68	5289,04
11	73,05	59,78	58,5	3497,13
12	46,50	60,9	89	5420,10
13	75,3	52,65	102	5370,3
14	30,0	24,40	105,5	2574,2
15	18,8	14,85	91	1351,35
16	10,9	24,65	110	2711,5
17	38,4	39,95	129	5153,55
18	41,5	38,9	80	3112,0
19	36,3	41,8	124	5183,2
20	46,9	47,95	124	5945,8
21	49,0			

## Продовження таблиці. д.9

1	2	3	4	5
21	49,0	35,05	110	3855,5
22	21,1	19,75	100	1975,0
23	18,4	35,1	110	3961,0
24	51,8	39,15	93	3640,95
25	26,5	21,05	159	3346,95
26	15,3	15,15	103	1560,46
27	15,0	14,30	20	286,0
27+20	13,6			
Разом			2013	82946,64

## Розрахунок об'ємів локальних примивів за II варіантом

№ локальних примивів	№ створів	Відстань між створами (L), м	F, м <sup>2</sup>	F <sub>ср.</sub> , м <sup>2</sup>	W <sub>л</sub> , м <sup>3</sup>
I	3	15 + 6 = 21	17,4	35,60	74760
	4		53,8		
	4	53	53,8	60,85	3225,05
	5		67,9		
	5	15	67,9	44,70	670,50
	6		21,5		
Разом:		89			4642,65
II	7	48	19,9	79,3	3806,40
	8		138,7		
	8	48		127,83	6135,84
	9		116,95		
	9	41		99,73	4088,93
	10		82,5		
	10	68		77,78	5289,04
	11		73,05		
	11	58,5		59,78	3497,13
	12		46,5		
	12	89		60,90	5420,10
	13		75,3		
	13	102		52,65	5370,30
	14		30,0		
	14	105,5		24,40	2574,20
	15		18,8		
Разом:		560			36181,94

$$W_{л1(3-6)} = 4642 + 10947,3 = 15589,95 \text{ м}^3,$$

$$g_{л1} = \frac{15589,95}{89} = 175,2 \text{ м}^3/\text{пог.м},$$

$$W_{л1(7-15)} = 36181,94 \text{ м}^3,$$

$$W_{н1(7-15)} = 3188,8 \times 10 \times 1,3 = 41454,4 \text{ м}^3,$$

$$g_{л1(7-15)} = \frac{41454,4}{560} = 74,03 \text{ м}^3/\text{пог.м},$$

$$W_{л1(7-15)} = 36181,94 + 41454,4 = 77633,34 \text{ м}^3,$$

$$g_{л1(7-15)} = \frac{77633,34}{560} = 138,6 \text{ м}^3/\text{пог.м},$$

Загальний об'єм наливів за другим варіантом:

$$W_{л} = W_{л1(3-6)} + W_{л1(7-15)} = 15,59 + 77,64 = 93,23 \text{ тис.м}^3.$$

За другим варіантом повна довжина безпосередньо закріплених локальними примивами берегів 649 м, що становить 32,2 % від загальної довжини ділянки берегоукріплення.

Під час виконання локальних примивів за другим варіантом забезпечується насичення потоку наносів на ділянці розміщення першого локального примиву, де під час обрахунку  $W_n$  враховано потік наносів в об'ємі  $Q_{бр}$  за термін безремонтної експлуатації.

На ділянці розташування другого локального примиву стійкість берегу протягом 10-річного терміну безремонтної експлуатації забезпечується відшкодуванням дефіциту наносів та перетворенням в існуючій динамічній системі берегу зони розмиву в зону транзиту. На останній прибережній території забезпечується захист берегу внаслідок акумуляції на ній наносів, перенесених із наминої призми другого локального примиву, а в південній частині ( на VIII розрахунковій ділянці) також внаслідок підживлення наносами з наступного локального примиву на мисі південніше даного берегоукріплення.

## РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕРЕГОУКРІПЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД

Економічна ефективність запропонованих берегоукріплювальних споруд досягається внаслідок залучення до експлуатаційно-організаційного процесу ряду факторів та їх позитивного впливу на прилеглу територію та сферу виробництва, а саме:

використання місцевих дешевих будівельних матеріалів (піску);

застосування високопродуктивних технологічних процесів та механізмів (засобів гідромеханізації) з наміву та транспортуванню ґрунту;

урахування морфолітодинамічних характеристик прибережних відмілин та існуючих у межах та за межами ділянок берегоукріплення динамічних систем берегів;

збереження земель, сільськогосподарських угідь, будівель та споруд на них.

Розрахунок економічної ефективності берегоукріплювальних споруд виконується на прикладі захисту від абразійних процесів ділянки берегу в межах населеного пункту, де розташовано також теплиця, розсадник плодкових дерев, сад та рілля. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл. д.1.

Таблиця д.1

Показники	Одиниця виміру	Об'єм	Умовні Позначки
1	2	3	4
Витрати на виконання науково-дослідних робіт	тис. грн.	30,0	B <sub>1</sub>
Витрати на виконання проектних робіт	тис. грн.	46,0	B <sub>2</sub>
Витрати на будівництво берегоукріплювальних робіт:			
- капітальні	тис. грн.	512,765	B <sub>3</sub>
- поточні	тис. грн.	24,2	C <sub>1</sub>
Вартість перенесення об'єктів на нове місце	тис. грн.	543,531	B <sub>4</sub>
Поточні витрати за об'єктами на новому місці	тис. грн.	49,0	C <sub>2</sub>

## Продовження таблиці д.1

Вартість об'єктів, що потребують захисту у разі виконання берегоукріплення	тис. грн.	444,0	$K_{\text{зах}}$
Поточні витрати на об'єкти, що потребують захисту	тис. грн.	22,0	$C_3$
Коефіцієнт наведених різночасних витрат для освоєння земель у межах населеного пункту до даного часу (2 роки)	-	0,857	$K_t$
Коефіцієнт наведених різночасних витрат для відновлення насаджень до даного часу (5 років)	-	0,863	$K_t'$
Витрати на освоєння 1 га нових земель у межах населеного пункту: - капітальні - поточні	тис. грн. тис. грн.	50,0 2,5 0,857	$K_{\text{ос(н)}}.$ $C_{\text{ос(н)}}$ $K_t$
Витрати на освоєння нових земель для саду - капітальні - поточні	тис. грн. тис. грн.	22,0 8,0 0,863	$K_{\text{ос(с)}}.$ $C_{\text{ос(с)}}$ $K_t$
Витрати на біологічну рекультивацию 1 га земель для ріллі - капітальні - поточні	тис. грн. тис. грн.	2,7 0,3 0,863	$K_{\text{ос(з)}}.$ $C_{\text{ос(з)}}$ $K_t$
Середньорічний чистий дохід з 1 га: - теплиць - розсадника плодкових дерев	тис. грн. тис. грн.	52,0 30,0	$D_t$ $D_p$
Площа території, що зазнає впливу абразійних процесів за 10 років, всього: у тому числі: - населений пункт - теплиця - розсадник плодкових дерев - сад - рілля	га га га га га	12,08 2,0 0,3 6,0 0,78 3,0	$S$ $S_n$ $S_t$ $S_p$ $S_c$ $S_z$

Наведені витрати розраховуємо за формулою (7.2).

Підставляючи вихідні дані в ліву частину формули (7.2), отримуємо:

$$B_1 + B_2 + B_3 = (30,0 + 46,0 + 512,765) \times 0,15 + 24,2 = 112,515 \text{ тис. грн.}$$

Сукупні витрати та збитки, розміщені у правій частині формули (7.2) розраховуємо за формулою (7.4) –  $B_4$ ,  $3_1$ ,  $3_3$ , а за формулою (7.3) –  $3_2$ , тобто:

$$B_4 = 543,531 \times 0,15 + 49,0 = 130,53 \text{ тис. грн.}$$

$$Z_1 = (0,15 \times 0,78 \times 22,0 + 8,0) \times 0,863 + (0,15 \times 3,0 \times 2,7 + 0,3) \times 0,863 + \\ + (0,15 \times 2,0 \times 50,0 + 2,5) \times 0,857 = 9,13 + 1,31 + 15,0 = 25,44 \text{ тис.грн.}$$

$$Z_2 = 52,0 \times 0,3 + 30,0 \times 6,0 = 15,6 + 180,0 = 195,6 \text{ тис.грн.}$$

$$Z_3 = 0,15 \times 444,0 + 22,0 = 88,6 \text{ тис.грн.}$$

Сукупні витрати та збитки дорівнюють:

$$B_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3 = 130,53 + 25,44 + 195,6 + 88,6 = 440,17 \text{ тис. грн.}$$

Підставляючи результати розрахунків у формулу (7.2) маємо:

$$B_1 + B_2 + B_3 = 112,515 \text{ тис. грн.} < (B_4 + Z_1 + Z_2 + Z_3) = 440,17 \text{ тис. грн.}$$

Отже, створення берегоукріплення економічно доцільно. Для всебічної оцінки економічної ефективності використання капіталовкладень для берегоукріплення розраховуємо величини абсолютної економічної ефективності витрат і терміну їх окупності:

$$E_{\alpha}^p = \frac{440,17 - 112,515}{30,0 + 46,0 + 515,765} = \frac{327,655}{588,765} = 0,56,$$

$$T_{ок}^p = \frac{588,765}{327,655} = 1,8 \text{ років.}$$

Співставляючи отримані розрахункові показники з нормативними, маємо:

$$E_{\alpha}^p = 0,56 > E_n = 0,15,$$

$$T_n = \frac{1}{E_n} = \frac{1}{0,15} = 6,7 \text{ років, тоді } T_{ок}^p = 1,8 \text{ років} < T_n = 6,7 \text{ років.}$$

Очікуваний економічний ефект внаслідок впровадження локальних примивів порівняно з традиційним берегоукріпленням – суцільним примивом визначається відповідно до [1] за різницею наведених витрат, обчислених для базового та рекомендованого варіантів, відповідно для суцільного та локального примивів за формулою (7.9).

При вартості гідронамиву  $1 \text{ м}^3$  піску – 5,5 грн. (у цінах 2001 р.):

$$E = [(768185 + 0,15 \times 46000) - (512765 + 0,15 \times 30000)] \times 1 = 257820 \text{ грн.}$$



Екологічний ефект отримується у разі недопущення надходження твердого стоку та виносу поживних речовин під час абразійних процесів у районі сільгоспугідь, що призведе до зменшення витрат на розчищення суднохідних трас, портів, водозаборів, очищення води під час водопостачання.

Спеціальними дослідженнями може підтвердитись також екологічний ефект внаслідок недопущення надходження ґрунту під час абразійних процесів та покращення ситуації в районі примивів щодо складування чистого піску в прибережній зоні з урахуванням сучасного екологічного стану Київського водосховища.